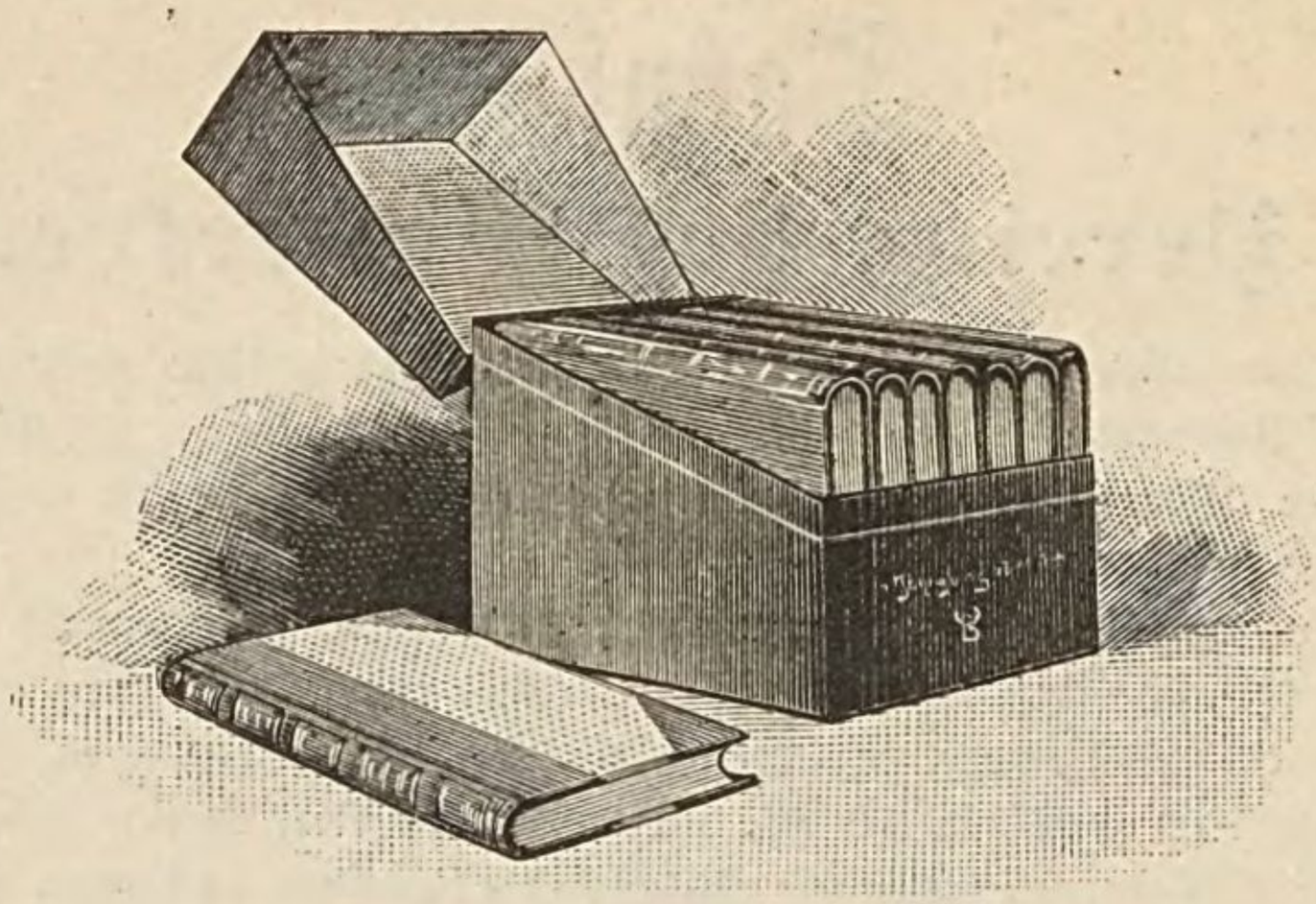
11.c.
46.544
1

Satzungen
des Vereins der Bücherfreunde

1. Der Verein der Bücherfreunde bezweckt die Vereinigung aller Freunde einer feineren litterarischen Unterhaltung und stellt sich zur Aufgabe, seinen Mitgliedern eine Reihe hervorragender Werke der zeitgenössischen deutschen Litteratur — also keine Übersetzungen — zum billigsten Preise zugänglich zu machen.
2. Die Mitglieder verpflichten sich zur Zahlung eines Beitrags von vierteljährlich 3 Mark 75 Pf. (= 2 Gld. 25 Krz. oder 5 Franken), welcher zum Beginn eines jeden Vierteljahres zu entrichten ist. Mitglieder, welche die Bände gleich gebunden zu beziehen wünschen, haben vierteljährlich 4 Mark 50 Pf. (= 2 Gld. 70 Krz. oder 6 Franken) Beitrag zu zahlen. Weitere Zahlungen haben die Mitglieder keinenfalls zu leisten. Der Beitritt verpflichtet für ein ganzes Jahr. Anmeldungen in jeder Buchhandlung, welche auch die Zusendung der Veröffentlichungen vermittelt.
3. Es erscheinen im Laufe des Jahres in regelmäßigen Zwischenräumen acht in sich abgeschlossene Werke, zusammen mindestens 150 Bogen zu 16 Seiten stark. Die Veröffentlichungen bestehen zum größeren Teil in unterhaltender — Roman, Novelle, Humor, Memoiren u. s. w. — zum anderen Teil (jährl. 2 Bände) in allgemeinverständlich-wissenschaftlicher Litteratur: Geschichte, Natur-, Länder- und Völkerkunde u. s. w. Die Bestimmung der Reihenfolge der Erscheinungen und Änderungen hierin behält sich die Geschäftsleitung vor.
4. Die Mitgliedschaft erstreckt sich stets auf ein ganzes Jahr. Der Austritt aus der Gesellschaft muß der vermittelnden Buchhandlung oder der Geschäftsleitung mindestens zwei Monate vor Ablauf des Vereinsjahres angezeigt werden. Das Vereinsjahr beginnt mit dem 1. Oktober.
5. Der Eintritt in den Verein kann jederzeit stattfinden. Die seit Beginn des Vereinsjahres bereits erschienenen Werke werden alsdann nachgeliefert. Auch Ausländer sowie Frauen können Mitglieder werden, dagegen sind Leihbibliotheken und zu geschäftlichen Zwecken betriebene Lesezirkel von der Mitgliedschaft ausgeschlossen.
6. Die Veröffentlichungen des Vereins werden auch an Nichtmitglieder im Einzelverkauf abgegeben, jedoch nur zum doppelten Preise.
7. Bei genügender Beteiligung ist für später eine Verdoppelung der jährlichen Bändezahl gegen die entsprechende Mehrzahlung in Aussicht genommen. Jedem Mitglied wird es alsdann freistehen, sich bei dem einfachen oder dem doppelten Cyklus zu beteiligen.
8. Die Geschäftsführung und Vertretung des Vereins liegt in den Händen des Verlagsbuchhändlers Herrn Friedrich Pfeilstücker in Berlin.

Man erwerbe die Mitgliedschaft für Angehörige und Freunde als vornehmes und doch billiges Geschenk.

☛ **Mitglieder, welche zehn Beitrittserklärungen sammeln und die Unterschriften der Geschäftsleitung oder einer Buchhandlung einsenden, erhalten für sich ein Exemplar der Veröffentlichungen umsonst. Eine Sammelliste zum Einzeichnen der Namen steht zu dem Zweck zur Verfügung.**



Die Veröffentlichungen des I. Jahrgangs

Acht Bände

werden zusammen zum Preise von 15 Mk. für die gehefteten, 18 Mk. für die gebundenen Bücher (in Kästchen 2 Mk. mehr) abgegeben. Es erschienen:

Todsünden. Roman von **Hermann Heiberg.** Einzelpreis für Nichtmitglieder geh. Mk. 5,—; geb. Mk. 3,75.

Aus Mitleid und andere Novellen von **Alexander Baron von Roberts.** Einzelpreis geh. Mk. 5,50; geb. Mk. 6,25.

Seelenanalysen. Novellen von **Max Nordau.** Einzelpreis geh. Mk. 3.—; geb. Mk. 3,75.

Aus Urdas Born. Schilderungen und Betrachtungen im Lichte der heutigen Lebenserforschung von **Dr. Theodor Jaensch.** Einzelpreis geh. Mk. 3,75; geb. Mk. 4,50.

Carriere. Roman von **Olga Wohlbrück.** Einzelpreis geh. Mk. 3,—; geb. Mk. 3,75.

Fliegender Sommer. Geschichten von **Ludwig Ganghofer.** Einzelpreis geh. Mk. 5,50; geb. Mk. 6,25.

Zwei reiche Frauen. Roman von **M. von Eschen.** Einzelpreis geh. Mk. 3,—; geb. Mk. 3,75.

Vom grünen Wasser. Seegeschichten und Schilderungen von **Johannes Ziegler.** Einzelpreis geh. Mk. 3,—; geb. Mk. 3,75.

Zu diesen Erscheinungen des I. Jahrgangs haben wir auch sehr schöne Liebhaberhalbfranzbände anfertigen lassen; Preis der 8 Bände (in einem geschmackvollen Kästchen) 35 Mk. Für die Einzelausgaben beträgt der Zuschlag zu dem Preis der gehefteten Exemplare für den Band Mk. 2,50.

☞ **Einzeln** können die Bücher auch an Mitglieder, die im II. Jahrgang dem Verein beitreten, nur zum Einzelpreis abgegeben werden.

Wir empfehlen die Bände des I. Jahrgangs ganz besonders neu eingetretenen Mitgliedern zum nachträglichen Bezuge.

Berlin W., Bayreutherstraße 1.

Die Geschäftsleitung des Vereins der Bücherfreunde.
Verlagsbuchhandlung Friedrich Pfeilstücker.

Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde

Von

Dr. Hippolyt Haas

Aus der

Sturm- und Drangperiode der Erde

Skizzen aus der Entwickelungsgeschichte
unseres Planeten

von

Dr. Hippolyt Haas

Professor an der Hochschule zu Kiel

Erster Band

Mit 55 Abbildungen im Text

Berlin
Verlag des Vereins der Bücherfreunde
1892

STAATL.
BIBL.
BAMBG.

J. SCHEDEL
ベルリン

Inhaltsverzeichnis

Seite

Inhaltsverzeichnis 5
Einleitung: Die Entstehung des Weltalls und der Erde . . 7
1. Abschnitt: Aus der Esse Vulkans 38
1. Kapitel: Allgemeines 41
2. Kapitel: Die Feuerberge oder Vulkane 48
3. Kapitel: Fortsetzung 84
4. Kapitel: Fortsetzung 117
5. Kapitel: Fortsetzung 132
6. Kapitel: Über die Ursachen vulkanischer Erscheinungen 156
2. Abschnitt. Etwas vom Baumaterial unserer Erde und von den hauptsächlichsten Kräften, welche dasselbe bilden und wieder zerstören 173
7. Kapitel: Die Gesteine der Erde 175
8. Kapitel: Die massigen Gesteine, und zwar die vulkanischen oder die Ergußgesteine 187
9. Kapitel: Die plutonischen oder die Tiefengesteine . 209
10. Kapitel: Das Wasser als geologischer Arbeiter . . 226
11. Kapitel: Etwas von den Quellen und Salsen . . 250
12. Kapitel: Fluß- und Meerwasser und deren Absätze: die sedimentären Gesteine 264
13. Kapitel: Vom festen Wasser 287

Einleitung.

Die Entstehung des Weltalls und der Erde.

„Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.“ Die Ansicht des Plinius über die Entstehung der Welt. Wie sich die brahmanische Lehre über die Erschaffung des Weltalls ausspricht. Die Gedanken von Leibniz, Büffon und Kant über denselben Gegenstand. Die Kant-Laplace'sche Theorie. Der Plateau'sche Versuch. Neuere Beweise für die Richtigkeit der Kant-Laplace'schen Theorie. Die Zöllner'sche Annahme der fünf noch gegenwärtig im Universum vorhandenen Entwickelungsphasen. Die Zunahme der Temperatur im Erdinnern. Diesbezügliche Beobachtungen und Schlußfolgerungen daraus. Die mittlere Dichte und die Kernsubstanz unseres Planeten. Heiße Quellen und Vulkane sprechen für eine im Erdinnern herrschende große Hitze. Wahrscheinlich sind daselbst alle nur denkbaren Aggregatzustände vorhanden. Die Hypothese von Hopkins und Thomson bezüglich eines gänzlich starren Erdkörpers. Die Beschaffenheit des Erdinnern nach Poulett-Scrope. Schluß.

Der Mensch, „der flüchtige Sohn der Stunde“, wie unser Schiller sagt, möchte die ganze Vergangenheit und die ganze Zukunft mit seinem Forscherblicke durchschauen. So war es vor Jahrtausenden, so wird es in abertausend Jahren noch immer sein. Und das Forschen ist ja des menschlichen Geistes allerschönste Eigenschaft. Allerdings

ist die Art und Weise, wieso das geschieht, sehr verschieden, denn sie hängt ab von dem Mehr oder Minder der vorhandenen Kenntnisse. Daher kommt es denn auch, daß die Untersuchungen, welche die ältesten Völker unserer Erde, von denen wir wissen, in Beziehung auf die Entstehung und die Entwickelung unseres Planeten angestellt haben, eigentlich nur religiöse Träumereien genannt werden können, während wir ja heutzutage versuchen, uns auf den Boden der Erfahrung zu stellen, als auf die allein richtige Grundlage wissenschaftlichen Denkens und wissenschaftlicher Arbeit.

„Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde,"

so heißt es im ersten Vers des ersten Kapitels im ersten Buch Mosis. Freilich, das meiste dessen, was die mosaische Schöpfungsgeschichte uns von der Erschaffung des Weltalls und unserer Erde im besonderen erzählt, das will nicht mehr so recht zu den Thatsachen passen, welche die Naturwissenschaften haben feststellen können. Aber das thut der Sache keinen Eintrag, denn der scheinbare Widerspruch zwischen den Erzählungen des heiligen Buches und den Resultaten moderner Naturforschung muß ja sofort in sich zusammenfallen, sobald man sich vergegenwärtigt, daß die Berichte Mosis doch nur eine Wiederspiegelung sind der Gedanken, die sich das Volk Israel schon vor Jahrtausenden über die Erschaffung der Welt gemacht hat. Eines aber in der Erzählung des Mannes Gottes hat auch heute noch volle Geltung, eines, das auch die Naturforschung unserer Zeit noch nicht durch ein besseres zu ersetzen vermochte und wohl auch niemals vermögen wird, das eben, was der erste Vers

der Genesis besagt: „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde."

Einen gewaltigen Aufschwung haben in unserem Jahrhunderte gerade die Naturwissenschaften genommen, das sich mit Stolz nach ihnen nennt, eine Freude ist es zu leben in einer Zeit, die, um mit dem Dichter zu reden,

Der Menschheit Bahn beflügelt mit Windeshauch und Feuerdampf,

und das Wort mit der Schnelle des Blitzes am Eisendraht von Pol zu Pol führt, aber, trotz aller unserer mächtigen Erfolge auf diesem Gebiete, verstummen müssen wir doch, sobald die Frage nach dem letzten Grund des Seins, das Rätsel, das noch kein Menschengeist jemals gelöst hat und wohl auch nie zu lösen im stande sein wird, an uns herantritt. Und die einzige Antwort, die wir auf diese Frage haben, lautet: „wir wissen nichts."

Friedrich August von Quenstedt, einer der allergrößten Meister geologischer Wissenschaft, ein Mann, dessen Namen wir im Verlaufe dieser Zeilen noch des öfteren begegnen werden, hat einmal gesagt, daß je ernster der Mensch über den Ursprung der Welt nachforsche, der in Schleier gehüllt sei, welche sein Scharfsinn nur unvollkommen zu lüften vermöge, desto ferner scheine ihm sein Ziel zu rücken. Und gerade darum trete Moses unserem gemeinsamen Bewußtsein so nahe, wenn er die Bibel mit den bekannten Worten beginne. Der große Werkmeister, so meint der Genannte weiter, stehe eben hinter der Schranke, dem irdischen Auge auf ewig verborgen. Allerdings, wie ein jeder sich diesen großen Werkmeister denken mag, das ist eine andere Sache, welche

uns hier nicht berührt. Das muß ein jeder mit sich selbst ausmachen. Denn, wie wir schon weiter oben betont haben, die natürliche Schöpfungsgeschichte, d. h. diejenige, welche die geologische Wissenschaft uns lehrt, deckt sich mit der biblischen Erzählung nicht so ganz, bis auf den einen schon erwähnten Punkt, bis auf die äußerste und höchste Erkenntnis, daß ein höherer Wille das Weltall zum Dasein gerufen habe. „Aber gerade diese letzte Konsequenz, zu welcher uns die natürliche Schöpfungsgeschichte führt," so sagt ein bekannter Geologe, der Doktor Stutz in Zürich, „ist schließlich eben das, was die biblische Schöpfungsgeschichte ganz eigentlich bezweckt. Oder will sie uns wirklich Naturgeschichte lehren? Sollen wir auf die vierundzwanzigstündige Länge des Tages schwören, oder darauf, daß Gott hebräisch gesprochen habe? Sollen wir bei der Erschaffung des Menschen an einen Töpfer denken, der sein Bild mit Händen und Fingern aus Thon knetet? Alles das sind menschliche Worte von göttlichen Thaten und gerade so viel und so wenig zutreffend, als das Geschöpf vom Schöpfer, der endliche Mensch vom unendlichen Gotte reden kann. Gott hat gesprochen und geschaffen, wie Gott spricht und schafft; aber der Mensch kann nur als Mensch davon reden am Verstande, an der Vernunft, am Geiste ist es, hinter dem menschlichen Worte das göttliche Schaffen zu ahnen und zu suchen." Kann man's besser ausdrücken, als der Züricher Naturforscher dies in den vorstehenden schlichten Worten gethan hat? Mich will bedünken: nein!

Anders dachten sich die Gebildeten unter den heidnischen Völkern des Altertums die Sache. Das große

Orakel aller Naturkundigen im Mittelalter, der römische Naturforscher Plinius, welcher zu Christi Zeiten auf Erden gewandelt hat, als demnach die Götter Roms und Griechenlands in den Herzen längst verblaßt oder auch schon ganz gefallen waren, beginnt das zweite Buch seiner Naturgeschichte mit folgenden merkwürdigen Worten: „Wir glauben mit Recht, daß die Welt, welche auch Himmel heißt, eine ewige und unermeßliche Gottheit sei, die von Keinem erzeugt, niemals untergehen wird. Ihr Ganzes zu erforschen, ist unnützes Bemühen für den Menschen, sein Verstand reicht dazu nicht aus. Heilig ist sie, alles in allem, ja das All selbst. Sie ist begrenzt und dennoch dem Unbegrenzten ähnlich; sicher stehen die Dinge, und trotzdem scheinen sie durcheinander zu laufen; es ist eben ein Werk der Natur, ja die Natur selbst.“ Und der verstorbene Altmeister Quenstedt, dessen Werken wir die vorstehende Übersetzung der Worte des Plinius entnommen haben, schließt nachstehende Betrachtung daran: „So dachte man in dem gewaltigen Rom, als der Stern des Christentums im Aufgehen war, und so denken viele wieder heute, wo ein neuer Zeitgeist die Zukunft kühn für sich in Anspruch nimmt: Die Welt sei sich selbst genug, sie müsse nach dem Vorgang alter Philosophen in ihrer Einheit, monistisch erfaßt werden; jener mosaische Dualismus, wonach eine zweite Macht hinter der Bühne stehe, nahe sich immer mehr dem überwundenen Standpunkte.“

Nach den Hindu sprach Brahma das Schöpfungswort. Es entstanden Bavanu, das Urwasser, Schiwa, das Urfeuer, jenes das Weib, dieses der Mann, und beide zusammen das Mannweib Maja. Durch die Kraft des

Urfeuers schieden sich aus dem Urwasser die Welten und der große Weltenraum, der aus 14 kugeligen Schalen besteht. Die 7 oberen sind die Surgs oder die Sternenschalen, die Sonne und die Sterne, die 7 unteren sind die Untersphären, die Patals, welche den Erdkörper bilden. Nach der Schöpfung dieser Welten rief Brahma die Geister und zuletzt die 4 Rassen der Menschen ins Leben. Die Welt dauert fort durch Vischnu, die erhaltende göttliche Kraft, aber in langen Zeiträumen muß sie mancherlei Umbildungen erleiden, welche mit verschiedenen Hieroglyphen als da sind Fisch, Schildkröte, Eber u. s. f. bezeichnet werden. Wie der einzelne Mensch in reiner Unschuld zum Leben erwacht, sich dann aber unter sündigen Gedanken und Handlungen ausbildet, um sich im Greisenalter wieder den frommen Kindersinn anzueignen, also auch jeder Weltkörper, ja das ganze Weltall, das zuletzt wieder ins Göttliche versinkt, wovon es ausgegangen ist.

Jahrhunderte lang hat die mosaische Schöpfungsgeschichte die Menschheit befriedigt und beglückt. Noch gegen das Ende des 17. Säculums betonte einer der berühmtesten und gefeiertsten Philosophen seiner Zeit, Gottfried Wilhelm von Leibniz, einer der Begründer der Akademie der Wissenschaften in Berlin und deren erster Präsident, man dürfe keinen Punkt davon fallen lassen, ja, es sei eine Sünde, davon abzuweichen. Erst im Verlaufe des 18. Jahrhunderts fing man wieder recht an, sich in Mutmaßungen und Spekulationen über den Urzustand unserer Erde und unseres Planetensystems überhaupt zu ergehen. Da war es unter anderen der große französische Naturforscher Graf von Büffon, der eine

Theorie aufstellte, wonach unsere sämtlichen Planeten, also auch unsere Erde, Bruchstücke sein sollten, welche infolge eines heftigen Zusammenstoßes zwischen der Sonne und einem großen Kometen in den Raum geschleudert worden seien. Einem der gewaltigsten Geister aller Zeiten, dem Königsberger Philosophen Immanuel Kant, dem Verfasser der „Kritik der reinen Vernunft“, ist es jedoch vorbehalten geblieben, unser Wissen von der Entstehung und von der Entwickelung unseres Sonnensystems einen bedeutenden Schritt vorwärts zu bringen. Kant nahm die zuerst von Leibniz in seiner „Protogäa“ (1680) ausgesprochene Ansicht vom einstigen feuerflüssigen Zustand unseres Erdballs wieder auf und erklärte in seinem ums Jahr 1755 erschienenen Buche „Naturgeschichte und Theorie des Himmels“, daß das Weltall einstmals von einer gleichförmigen Gasmasse erfüllt gewesen sei, aus welcher dann, und zwar infolge der Anziehung der Elemente, Ansammlungen der Materie stattgefunden hätten. Diese Ansicht von Kant wurde später durch den Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel erweitert, ist aber erst im Jahre 1795 durch seinen großen Fachgenossen, den Grafen Pierre Simon de Laplace in seinem klassischen Werke „Exposition du système du monde“, in wahrhaft glänzender Weise wissenschaftlich begründet worden. Gänzlich unabhängig von Kant ist Laplace zu seinen Resultaten gelangt, und mit Recht darf man wohl annehmen, daß der französische Forscher von dem Buche des ostpreußischen Gelehrten keine Ahnung gehabt hat.

Folgendes ist nun die Quintessenz der Kant-Laplace'schen Theorie. Der Raum, worin sich gegenwärtig unser

Sonnensystem bewegt, war ursprünglich erfüllt von gasförmiger Materie, von der Ursonne. Diese enthielt alle Stoffe unseres Planetensystems in sich und besaß eine sehr hohe Temperatur, sowie eine außerordentliche Verdünnung. Ausstrahlung in die Umgebung bedingte einen Wärmeverlust, und die Gasmasse gelangte zu einer allmählichen Verdichtung um einen zentralen Kern. Die Sonne nahm ihren Ursprung. Zugleich aber mit der verdichtenden Bewegung kam die gegenseitige Anziehung der Gasteilchen zum Ausdruck, denn das ganze Weltall muß ja den Gesetzen der Schwerkraft folgen. Und nun fing die Rotation an sich fühlbar zu machen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit durch die stets zunehmende Wärme immer mehr und mehr beschleunigt wurde. Allerdings mangeln uns sichere Anhaltspunkte für den Beginn der Rotation selbst und für die Kraft, welche sie ins Leben rief, und eben hierin glaubte Newton den Finger Gottes erblicken zu müssen. Ein sehr bedeutender deutscher Geologe, O. Volger, hat eine hübsche und einleuchtende Erklärung hierfür gegeben. Er sagt: „Aber sowie die Anziehung begann, regte sich auch das zurückstoßende Streben der sich meidenden Stoffteilchen, welche in der Bewegung des Sinkens sich einander näherten und vermöge der Fliehkraft zur Ausweichung getrieben wurden. Die Seitenbewegung des Ausweichens, gezügelt durch die sinkende Bewegung des Strebens nach dem Mittelpunkte, mußte Wirbelbewegung erzeugen. Diese Wirbelbewegung, in welcher anfänglich jedes Stoffteilchen mit einem anderen im Einzelkampfe ringt, mußte notwendig infolge der gegenseitigen Hemmung und Mitteilung der Einzelbewegungen mehr und mehr sich ver-

einfachen und endlich in eine allgemeine Wirbelbewegung ausschlagen, welcher, um einen gemeinsamen Mittelpunkt, die ganze Masse des Stoffes des werdenden Weltgebäudes sich anschloß. Dieser Wirbel drehte sich — der Zustand des gewordenen Weltgebäudes bezeugt es — von Westen gegen Osten."

Die ganze Masse befand sich also in drehender Bewegung um eine Achse, und ihre Geschwindigkeit nahm fortdauernd zu, so daß den einzelnen Teilchen eine ebenfalls beständig wachsende Fliehkraft verliehen wurde. Der Gasball fing an, sich an den Polen abzuplatten, zu gleicher Zeit aber erhielt die Fliehkraft der Teilchen das Übergewicht über die Anziehung, welche sie bisher noch

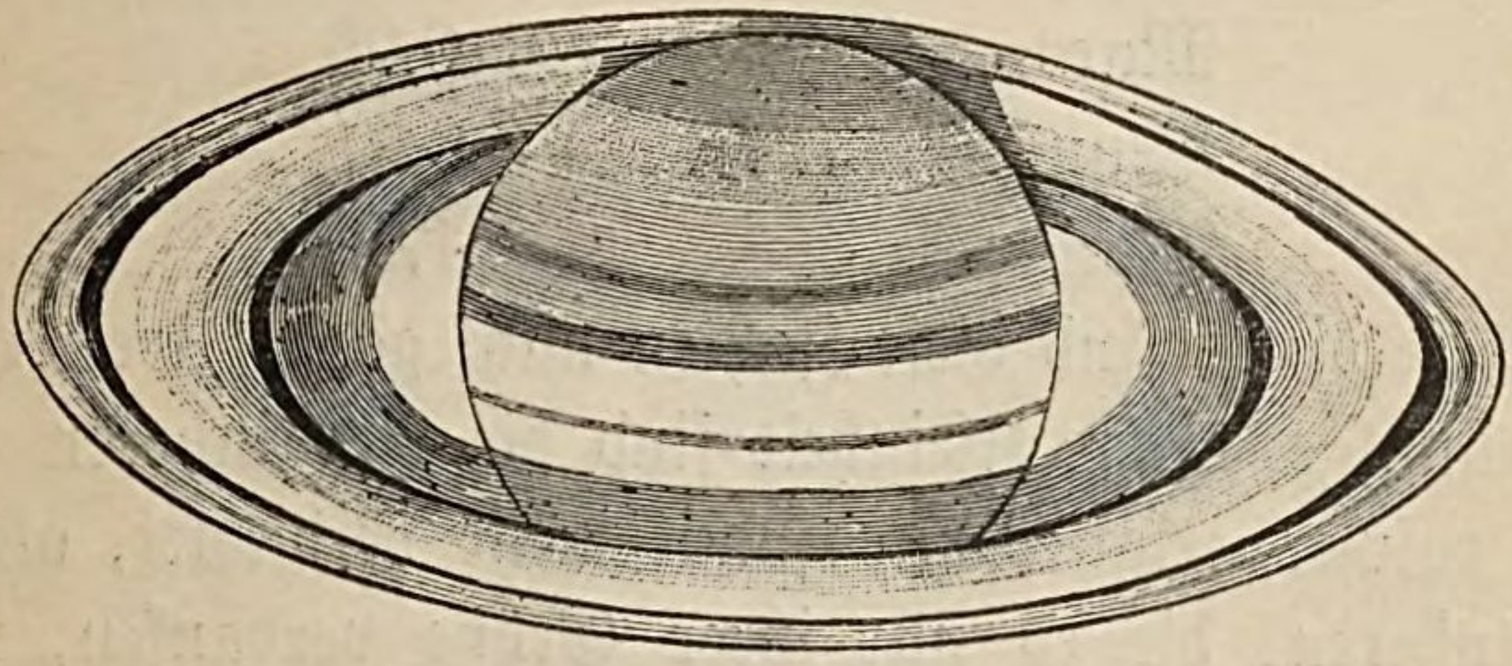


Fig. 1. Saturn mit seinen Ringen. Nach einer Beobachtung am Observatorium zu Löwen im Februar 1887. Aus den astronomischen Nachrichten, Band 116.

zusammengehalten hatte. Nebelringe lösten sich vom äußeren Umfange des Gasballs ab, erst nur einer, dann mehrere, alle aber verharrten in ihrer drehenden Bewegung um den Sonnenball. Aus diesen Ringen sind die Planeten geworden, und auch bei diesen hat der soeben geschilderte Vorgang sich wiederholt. Dies bezeugen uns die verschiedenen Satelliten, dafür sprechen die Ringe beim Saturn.

Die in größerer Sonnenferne stehenden Planeten müssen naturgemäß leichter sein, als die in der Sonnennähe kreisenden, weil die Ringe, denen sie ihre Entstehung verdanken, sich zuerst vom Hauptball ablösten, während die spätergebildeten bei dem stets zunehmenden Verdichtungsvorgange entsprechend schwerer sind, denn sie entstammen Gasschichten, welche dem Mittelpunkte des Sonnenballes näher, also dichter waren. Im großen und ganzen trifft dieser Umstand auch zu. Nimmt man die mittlere Dichtigkeit unserer Erde = 1 an, so erhält man für

Neptun	0,16
Uranus	0,16
Saturn	0,13
Jupiter	0,24
Mars	0,95
Venus	0,91
Merkur	1,22.

Allerdings sind diese Zahlen nicht ganz beweiskräftig, denn infolge ihrer Kleinheit sind die vier inneren Planeten rascher erkaltet und somit mehr verdichtet, als die vier äußeren, die es nur ihrer Größe verdanken, wenn sie sich noch in glühendem Zustande befinden. Bekanntlich sind die Ebenen der Planetenbahnen etwas gegen einander geneigt. Dieselben bezeichnen nun nach unserer Theorie die Lage des Äquators des gasförmigen Zentralballes zu den verschiedenen Zeiten, in welchen die Planeten sich als Ringe von diesem letztern getrennt haben. Die Herausbildung der planetaren Körper aus eben diesen gasförmigen Ringen müssen wir uns derart denken, daß infolge irgend einer astronomischen Störung an einer Stelle des

Ringes eine Verdichtung eintrat, die wiederum eine wachsende Anziehung auf dessen übrige Teile ausübte, sodaß der Gasring schließlich zerriß und seine Masse sich konzentrisch um den Anziehungskern lagerte. Wie wir schon weiter oben sahen, behielt der so entstandene Planet seine Drehbewegung um die Sonne bei, fing aber auch um seine eigene Achse zu rotieren an, und zwar ebenfalls von Westen nach Osten, darum, weil seinen äußeren Teilen eine größere Geschwindigkeit innewohnte, als seinen inneren, die ersteren daher den letzteren nach dem Zerreißen des Ringes voraneilen mußten. Durch die Rotation aber erhielten jene gasförmigen oder auch schon flüssigen Massen wiederum eine sphäroidische Gestalt, gerade so wie der Urball, dem sie entstammten.

Auf sehr elegante Weise gelang es dem französischen Gelehrten Plateau den Werdeprozeß unseres Sonnensystems gleichsam im Wasserglase zu wiederholen. In ein mit Wasser gefülltes Glas, dem er vorher durch Zusatz von Alkohol die spezifische Schwere des Olivenöls gegeben hatte, brachte er auf vorsichtige Weise vermittelst einer Pipette einen Tropfen dieser letztgenannten Substanz. Der Öltropfen nahm die Kugelgestalt sofort an, und jeder ferner eingeführte Tropfen vereinigte sich mit dem ersten zu einer größeren Kugel. Nun versetzte er vermittelst einer kleinen, an einer drehbaren Achse befestigten Scheibe, welche in die Mitte der Ölkugel zu liegen kam, diese letztere in drehende Bewegung. Wurde nun die Drehgeschwindigkeit langsam vergrößert, so erfolgte eine Abplattung der Kugel an ihren Polen, und wenn die Rotation noch mehr beschleunigt wurde, so löste sich ein Ölring ab, welcher sich

genau im Sinne des Ölsphäroids bewegte. Bei nochmaliger Verstärkung der Umdrehungsgeschwindigkeit teilte sich diese durch die Flüssigkeit dem Ölring mit, derselbe zerriß, um einzelne Kugeln entstehen zu lassen, welche die Hauptkugel nun genau in derselben Weise umkreisten, wie vorher der Ölring, sich gleichzeitig aber auch in derselben Richtung wie erstere um ihre Achse drehten. Beim Plateau'schen Experimente sind teilweise andere Kräfte mit thätig, wie z. B. die eigentümlichen Spannungen an der Oberfläche von Flüssigkeiten, während bei der Entstehung des Sonnensystems die Schwerkraft fast einzig und allein als centralisierende Macht auftrat. Aber hier wie dort bleibt die Wirkung der Centrifugalkraft die gleiche.

Ganz wichtige und entscheidende Argumente für die Richtigkeit der Kant-Laplace'schen Theorie hat die neuere Zeit erbracht. So hat man erkannt, daß der Sonnenball sich gegenwärtig noch in feurig-flüssigem Zustande befindet, vermittelst der herrlichen Erfindung der Spektralanalyse hat man nachweisen können, daß auch die Sonne aus Elementen aufgebaut ist, welche sich auf unserer Erde wiederfinden, und durch die aus dem Himmelsraum auf unseren Planeten niederfallenden Stücke fremder Weltkörper, die Meteoriten, wird die stoffliche Gleichartigkeit des ganzen Sonnensystems ebenfalls bewiesen. Wie wir heute wissen, bestehen die Ringe des Saturn nur aus gasförmiger Materie, und die Oberfläche der äußeren Planeten, das können wir mit ziemlicher Sicherheit behaupten, ist wahrscheinlich auch gegenwärtig noch dunstförmig und wolkenartig beschaffen.

Mit der Frage nach der Entwickelung des Weltalls hat

sich ebenfalls ein Mann beschäftigt, dessen Name nicht nur wegen der ausgezeichneten Leistungen, um welche er die Physik bereichert hat, sondern auch wegen seiner Vorliebe für die okkulten Wissenschaften, deren begeisterter Anhänger und Verfechter er war, zu den bekanntesten der Neuzeit gehört, der nunmehr verstorbene Leipziger Professor Zöllner. Im Universum sind nach ihm noch gegenwärtig 5 einzelne Phasen der Entwickelung nachzuweisen, so diejenige des glühend-gasförmigen Zustandes, in dem sich die planetaren Nebel befinden, ferner die Phase des glutflüssigen Zustandes, der durch die meisten Fixsterne illustriert wird, dann ein drittes Stadium, in welchem sich unsere Sonne befinden soll, wobei die glutflüssigen Massen schon eine größere Abkühlung erlitten und sich stellenweise mit Schlackenkrusten bedeckt haben. „Umhüllt diese Schlackenkruste", sagt Toula*), „endlich den ganzen glutflüssigen Körper mit einer dünnen Hülle, so ist die vierte Periode der Entwickelung erreicht. Diese dünne Kruste wird zeitweilig durch ungeheuere Revolutionen zersprengt, Sterne, die schon unsichtbar geworden, erscheinen plötzlich wieder als „neue Sterne", um alsbald zu erblassen und unter einer neugebildeten dickeren Kruste zu verschwinden. Wird diese so mächtig, daß sie nicht mehr in ihrer Ganzheit zerstört werden kann, so tritt das letzte Stadium, das der vollendeten Oberflächenerkaltung ein, in dem sich die der Sonne näheren Planeten und auch unsere Erde befinden".

„Diese noch häufig durch die darunter kochenden

---

*) Die verschiedenen Ansichten über das Innere der Erde. Wien, 1876.

Massen durchbrochene, aber immer wieder sich schließende Hülle", so äußert sich der berühmte französische Geograph Elisée Reclus in seinem Werk über die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche, „verdickte sich dann infolge der fortschreitenden Erkaltung auf langsame Weise. Nach einem gewaltig langen Zeitraum war die Hülle endlich fest geworden — allein die Zeitdauer, die nötig gewesen ist, um die Erdrinden-Temperatur von 2000° auf 200° zu erniedrigen, schlägt Helmholtz auf 350 Millionen Jahre zum mindesten an. Die Ausbrüche der im Erdinnern vorhandenen, glutflüssigen Materie waren nicht mehr allgemein auflebende Erscheinungen und beschränkten sich auf diejenigen Gegenden, woselbst die starre Kruste die geringste Dicke besaß. Die unseren Erdball umgebende Atmosphäre, erfüllt von Dämpfen und den verschiedensten Stoffen, welche infolge der ungeheuren Hitze sich in gasförmigem Zustande befanden, fing allmählich an, sich ihrer Last zu entledigen. Aus der leuchtenden und brennenden Luftmasse sonderte sich ein Bestandteil nach dem anderen ab, um auf die feste Hülle unserer Erde niederzufallen, zuerst als Feuerregen die Metalle und die übrigen einfachen Stoffe, je nach dem Grade der Temperaturerniedrigung, welche nötig war, um dieselben aus dem gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand zu versetzen, dann die Wasserdämpfe, welche in den oberen Regionen der gasförmigen Umhüllung schwebten. Eine ungeheure Wolkenschicht, stetig durchzuckt von Blitzen, kam zur Entwickelung, die ersten Wassertropfen fingen an, sich aus der Atmosphäre niederzuschlagen und nach dem Erdboden hinzustreben, allerdings nur, um unterwegs wieder verflüchtigt

zu werden und aufs neue nach oben emporzusteigen. Endlich, bei einer Temperatur von noch viel über 100°, einer Folge des zu jener Zeit von der mit schweren Stoffen noch beladenen Luft ausgeübten hohen Druckes, fielen die ersten Regentropfen wirklich auf die Erde nieder, und in den Rissen und Vertiefungen ihrer festen Hülle bildeten sich die ersten Wassertümpel, der Urbeginn des großen Weltmeeres. Unaufhörlich nahm diese Wasseransammlung zu, denn die Regengüsse hörten nicht mehr auf. Bald war fast die ganze feste Erdkruste umhüllt von dem feuchten Element, zu gleicher Zeit aber wurde schon der Grund für die künftigen Festländer gelegt. Die Gewässer hielten die verschiedensten Stoffe in Lösung, und diese gingen nun mit den auf dem Untergrunde des Meeres befindlichen Metallen und Erden die mannigfaltigsten Verbindungen ein. Die Stürme und die Strömungen, von denen das Urmeer jener Zeit bewegt wurde, nagten an den Festländern, um aus deren Detritus neues Land zu bilden, es begann die Bildung der ersten Schichtgesteine, welche dem Urfels unserer Erde zunächst auflagern. Eine dreifache Hülle, eine feste, eine flüssige und eine gasförmige, umgab nach außen hin unseren glühenden Planeten, der nun vorbereitet war für die Entfaltung des organischen Lebens. Pflanzen und auf noch niedriger Entwickelungsstufe stehende Tiere erschienen im Wasser und auf dem festen Lande, dem Zeitalter des Chaos folgte dasjenige des Lebens".

Nach der Kant-Laplace'schen Theorie war die Erde demnach einstmals in einem feurig-flüssigen Zustande; immer mehr und mehr geht aber die Abkühlung unseres Planeten

vor sich, und zwar von außen nach innen zu, im Innern befindet sich derselbe jedoch noch in einem feurig-flüssigen Zustande. Daß die Temperatur der Erde nach ihrem Mittelpunkte hin zunimmt, das ist außer Zweifel, und dafür haben wir ja durch eingehende Beobachtungen gewonnene, wenn auch immerhin nur geringfügige Beweise. Betrachten wir diese letzteren einmal etwas genauer.

In unseren Breiten ist die Temperatur der oberen Erdschichten bis zu einer Tiefe von etwa 20 Meter von den Jahreszeiten abhängig. Erst dann beginnt dieselbe jahrein, jahraus gleichhoch zu sein, und zwar so, daß sie der mittleren Jahrestemperatur des Ortes an der Erdoberfläche entspricht. Weiter hinab in die feste Erdkruste reichen die von der Sonne herrührenden Wärmeschwankungen nicht mehr, es macht sich von da ab im Gegenteil der Einfluß eines im Innern unseres Planeten befindlichen Wärmeherdes bemerkbar. Diese Thatsache ist längst bekannt. Der Bergmann, der im dunkeln Schacht die Eingeweide der Erde nach Erzen durchwühlt, der Tunnelarbeiter, der sich mit der Spitzhacke seinen Weg durch das Alpengebirge bahnt, ihnen hat's die Erfahrung gezeigt, daß dem so ist. Nun ist aber die Schnelligkeit, womit die Wärme nach der Tiefe hin zunimmt, nicht überall dieselbe. In den Schächten der Bergwerke oder in den Bohrlöchern zirkulierende Gewässer oder Luftströmungen vermögen diese Temperaturzunahme zu beeinträchtigen, auch steht fest, daß diese letztere wiederum von der Natur der umgebenden Gesteine abhängig wird. In Kohlenbergwerken z. B. wächst die Temperatur meist rasch, und zwar infolge von chemischen Vorgängen in

den Steinkohlen, gleiches ist dort der Fall, woselbst heiße Quellen in der Nähe aus der Erde hervorbrechen. In Schiefergesteinen steigt die Wärme schneller, als im Granit, noch schneller in Metallgängen. Doch sind auch hier wiederum mannigfache Unterschiede zu verzeichnen, denn wir wissen, daß die Zunahme der Wärme in Zinnerzgängen z. B. rascher vor sich geht, als in Kupfererzlagerstätten. Die Dicke der Erdschicht, welche nötig ist, um eine Temperaturzunahme von 1° C. zu bewirken, bezeichnet man als geothermische Tiefenstufe. Nicht nur in den verschiedenen Schächten und Bohrlöchern ist diese nun verschieden, sondern sogar in ein und demselben Bohrloch oder Schacht ist sie Schwankungen unterworfen. Dies mögen die folgenden Tabellen besser illustrieren, als Worte:

Bohrloch.	Tiefe in Metern.	Geothermische Tiefenstufe.
Wasserwerk von Liverpool.	434,1.	71,3.
Schacht von Przibram in Böhmen.	1070,2.	69,1.
St. Gotthard-Tunnel.	1700,1.	44,9.
Mt. Cenis-Tunnel.	1609,3.	43,34.
Kohlengrube von Nook Pit bei Manchester.	320,—.	43,34.
Bergwerk von Schemnitz in Ungarn.	417,—.	40,60.
Bohrloch von Scarle, Lincoln.	609,6.	37,86.
" " Schladebach b. Merseburg.	1748,4.	36,90.
" " Sennewitz bei Halle.	1111,45.	36,66.
" " Lieth, Holstein.	1338,—.	35,07.
" " Sperenberg b. Berlin.	1273,01.	33,—.

Bohrloch.	Tiefe in Metern.	Geothermische Tiefenstufe.
Bohrloch von Sudenburg b. Magdeburg.	568,—.	32,36.
Artesischer Brunnen von Grenelle bei Paris.	399,9.	31,26.
Bohrloch von Jakutsk, Sibirien (bei gefrorenem Boden).	164,6.	28,53.
Kohlengrube von Seraing, Belgien.	505,—.	27,43.
" " Anzin, Nordfrankreich.	200,6.	25,79.
" " Whitehaven, Cumberland.	381,—.	24,69.
Bohrloch von Sulz am Neckar, Württemberg, (1. Febr. 1890.)	901,—.	24,08.

Die geothermischen Tiefenstufen im Adalberti-Schachte zu Przibram in Böhmen:

34,
97,
53,
172,
74,
52,8,
68,7,
57,7,
55,9,
135,5,
82,7.

Wie man aus denselben ersieht, beträgt die geothermische Tiefenstufe im Bohrloch des Wasserwerkes zu Liverpool 71,3 Meter, im jüngsten, das auf deutscher Erde abge-

teuft worden ist, in demjenigen zu Sulz am Neckar in Schwaben dagegen nur 24,08 Meter. Hier bohrte die württembergische Regierung auf Steinkohlen, leider ohne den gewünschten Erfolg, und zwar in dem Zeitraum vom 3. Juni 1888 bis zum 1. Februar 1890. Die Temperaturbeobachtungen wurden auf das sorfältigste vorgenommen, und die abnorme Höhe der Wärmezunahme scheint, so auffallend dieselbe an sich auch sein mag, vollständig garantiert. Übrigens sind die im Bohrloch von Neuffen am Nordabhang der Alb in Schwaben gewonnenen Resultate, deren Richtigkeit aber neuerdings angezweifelt wird, noch merkwürdiger, denn hier betrug die Größe der geothermischen Tiefenstufe sogar nur 11 Meter. Die Schwankungen der Temperaturzunahme in einem und demselben Schachte erläutert die Tabelle 2.

Eine Gleichförmigkeit in der Zunahme der Temperatur nach dem Innern der Erde hin ist also nicht zu erkennen, und die Versuche, diesbezüglich Gesetze aufzustellen, haben sich nicht recht haltbar erwiesen. „Schon die Schwierigkeiten, welche der Beobachtung in Bohrlöchern entgegenstehen", sagt Petersen*) „machen die Verwertung der Resultate zu allgemein gültigen Schlußfolgerungen unmöglich. Das Eindringen der Oberflächengewässer, durch welches die Wärme der Gesteine erniedrigt wird, ist nicht zu verhindern; chemische Vorgänge, durch den Zutritt von Wasser oder Luft hervorgerufen, können die Temperatur erhöhen; Spalten, welche unterirdische Gewässer

*) Der Zustand des Erdinnern. (In Virchow und Holtzendorff, Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, Neue Folge, 5. Serie, Heft 118, Hamburg, 1891.)

hinaufführen, müssen an der Stelle, wo der Bohrer sie durchschneidet, eine lokale Temperaturerhöhung anzeigen. Da immer einige Zeit verläuft, bis das Thermometer an die erbohrte Stelle gebracht werden kann, spielt auch noch die Wärmekapazität, bezw. Leitungsfähigkeit des Gesteins eine wichtige Rolle. Fassen wir alle diese Momente, deren Vorhandensein die Messungsergebnisse verdunkeln, ins Auge, so müssen wir zugeben, daß wir kaum Aussicht haben, jemals zur Bildung eines allgemein gültigen Gesetzes für die Wärmezunahme zu gelangen. Wir werden uns wohl mit dem bisher gefundenen Durchschnittsergebnis begnügen müssen, mit der Angabe, daß die Wärme auf je 30 Meter um 1° C. zunimmt."

Nach Bessel beträgt der mittlere Erdhalbmesser 6377,4 Kilometer, die Sohle des Bohrlochs von Schladebach, zur Zeit der tiefste Punkt, den man im Erdinnern erbohrt hat, befindet sich 1748,4 Meter unter dem Spiegel der Nordsee, entspricht also etwa dem 4000. Teile des mittleren Erdhalbmessers. Es wäre also mehr als gewagt, aus solchen nichtssagenden Thatsachen allein weitere Schlüsse auf die inneren Zustände unseres Planeten ziehen zu wollen. Ginge man aber von der Annahme aus, daß die Temperatur im Erdinnern in gleicher Weise, wie dies in den Bohrlöchern und Schächten der Fall ist, nach dem Mittelpunkte zu anwachsen würde, legte man eine geothermische Tiefenstufe von 40 Meter dieser Annahme zu Grunde, so erhielte man schon in der Tiefe von 80 Kilometer eine Temperatur von 2000° C. Bei einer solchen müßten aber alle Gesteine, die wir kennen, sich schon im Schmelzfluß befinden. Schwerlich würde

sich aber eine so geringe Dicke der festen Erdkruste in Einklang bringen lassen können mit deren großer Beständigkeit. Auch wissen wir ja gar nicht, wie sich geschmolzene Gesteinsmassen unter einem so hohen Druck, wie solcher in einer Tiefe von 80 Kilometer herrschen muß, verhalten. Im Centrum der Erde müßte dann ja eine Hitze von nicht weniger denn 200000° C. vorhanden sein, eine Annahme, welche jegliche Vorstellungskraft des Menschen übersteigt.

Ebensowenig als uns der Bohrer genauen Aufschluß bezüglich der Temperaturzunahme im Erdinnern geben konnte, hat er's vermocht, die Frage nach dessen Substanz einer befriedigenden Lösung entgegen zu bringen. „Dieselben Schichten, dieselben Gesteine, welche von der Oberfläche her bekannt sind", so führt Petersen aus, „hat er auch in den Tiefen angetroffen. Wir sind daher bezüglich der Stoffe, die den Erdkern bilden, auf Vermutungen beschränkt". Den Gesetzen der Mechanik entsprechend mußten sich nach der Kant-Laplace'schen Theorie die Stoffe zumeist nach ihrem spezifischen Gewicht angeordnet haben, die schwereren hatten das Bestreben, sich im und um den Mittelpunkt des drehenden Gasballs anzusammeln, die leichteren waren in dessen äußeren Teilen zu finden. Vermittelst der Drehwage, oder auch durch Berechnungen, welche auf der Ablenkung des Bleilotes aus seiner wahren Vertikallinie durch Anziehung naher Gebirgsmassen beruhen, endlich auch durch die Beobachtungen von Pendelschwingungen auf einem hohen Berge oder in einem tiefen Schachte ist es nun gelungen, die mittlere Dichte unseres Planeten zu ermitteln. Dieselbe

beträgt etwa 5,6. Mit anderen Worten, der Erdkörper ist etwa 5,6 mal schwerer, als eine gleich große Wasserkugel. Die ersten diesbezüglichen Feststellungen hat man schon im vergangenen Jahrhundert gemacht. So ergaben die Messungen von Cavendish 5,32, resp. 5,48, Reich in Freiberg fand im Jahre 1837 5,58, Bayly in London 1842 auf mehr denn 2000 minutiöse Beobachtungen gestützt 5,66 als mittlere Dichte der Erde, nach neueren Untersuchungen beträgt diese 5,56 und 5,69.

Das spezifische Gewicht derjenigen Gesteine, welche sich hauptsächlich am Aufbau unserer Erdoberfläche beteiligen, beträgt 2,6 — 2,8. Es muß demnach die mittlere Dichtigkeit des Erdinnern noch größer sein als diejenige der ganzen Erde. Die Stoffe, welche unseren Planeten zusammensetzen, müssen von außen nach innen zu — wenigstens bis zu einer gewissen Grenze hin — immer dichter und dichter werden. J. D. Dana, ein bekannter amerikanischer Geologe, kommt, gestützt auf die soeben erwähnte große mittlere Dichtigkeit der Erde, zum Schluß, daß deren Kernsubstanz Eisen sein müsse, dessen Dichte = 7,4 ist. Etwa zwei Drittel der Erdmasse sollen nach dem Genannten aus diesem Metalle bestehen und schon in einer Tiefe von 108 deutschen Meilen müßte der eiserne Kern beginnen. „Die ungemein große Verbreitung des Eisens in den verschiedenen eruptiven, d. h. aus dem Schmelzflusse erstarrten Gesteinen, (vier Fünftel derselben sind reich an Eisen) brachte den amerikanischen Gelehrten auf diesen Gedanken. Die thatsächlich hochwichtige Rolle, welche das Eisen in den Meteorsteinen spielt, und noch mehr, die ganz aus gediegenem Eisen bestehenden Meteor-

eisenmassen, die so häufig aus dem Weltraume auf die Erde niederfallen, unterstützen diese Ansicht. Die Meteoriten sind ja offenbar auf kleine Gestirne zurückzuführen, die ähnlich gebaut waren, wie unsere Erde" (Toula).

Die Thatsache der Temperaturzunahme im Erdinnern, so, wie wir dieselbe aus den in Bohrlöchern und in Schächten gewonnenen Resultaten kennen gelernt haben, genügt für sich allein, wie wir schon weiter oben betonten, durchaus nicht, um uns zu irgend einem weitergehenden Schlusse auf den in den tieferen Regionen unseres Erdballs herrschenden Zustand zu berechtigen. Es giebt aber noch eine Reihe von Umständen mehr, welchen wir Fingerzeige über denselben verdanken, Fingerzeige von nicht zu unterschätzendem Werte, und Beweise dafür, daß in den Eingeweiden unserer Planeten noch ungeheuere Hitze herrschen muß. Dahin gehören in erster Linie die warmen und die heißen Quellen, die an den verschiedensten Stellen der Erdoberfläche hervorbrechen, deren Temperatur ganz unabhängig von der Sonne sich von der lauen bis zur heißen steigern kann, und die manchmal aus Tiefen von mindestens 3—4000 Meter heraufkommen müssen, dahin gehören ferner die Vulkane, welche heißes Wasser, gebrannte Steine und Asche oftmals mehrere tausend Meter hoch in die Lüfte hinausschleudern, und denen glutflüssiges, breiartiges Gesteinmaterial entquillt, die Lava. Und dieser brennenden Berge sind so unendlich viele, daß sie, aneinandergereiht, wohl einen ganzen Gürtel um den Planeten bilden würden! Über die ganze weite Erde sind sie verbreitet, wenn sie auch heute nicht mehr alle thätig sind. Eine Erscheinung von solcher Allgemeinheit aber

wie das Vorkommen der Feuerberge und der heißen Quellen auf unserem Erdball gibt uns das Recht, in dessen Tiefen einen gemeinsamen Wärmequell dafür, einen glühenden resp. glutflüssigen Erdkern anzunehmen. Vortrefflich stimmen diese Thatsachen mit der Kant-Laplace'schen Theorie überein, herrlich harmonieren dieselben mit der Beschaffenheit des Weltalls überhaupt. Sind doch die tausende und abertausende selbstleuchtender Sterne, welche wir des Abends am Himmelsgewölbe mit ehrfürchtigem Staunen und mit stiller Bewunderung vor der Allmacht ihres Schöpfers betrachten, nichts anderes, als brennende Feuerkugeln, die ebenfalls kälter und kälter werden, bis auch sie dereinst werden erlöschen müssen!

Wie dick ist nun die Erdkruste? Gehen wir von der Annahme einer geothermischen Tiefenstufe von 40 Meter aus, so könnte dieselbe, wie wir weiter oben sahen, 80 Kilometer nicht übersteigen, legen wir den Wert von 33 Meter einer jeweiligen Temperaturzunahme um 1° C. zu Grunde, so träfen wir schon bei 66 Kilometer auf die geschmolzenen Massen. Viele Forscher, darunter auch Alexander von Humboldt waren nun der Meinung, eine solche Kruste sei doch gar zu dünn, und es sei notwendig, eine mindestens 120 bis 280 Kilometer mächtige feste Erdumhüllung anzunehmen. Ja, noch mehr! Der englische Astronom Hopkins kam auf Grund der als Präzession der Nachtgleichen und Nutation der Erdachse bezeichneten Erscheinungen zum Resultat, daß diese letzteren bei der Voraussetzung eines glutflüssigen Erdinnern ganz andere sein müßten, wenn man nicht eine feste Erdkruste im Betrage von dem vierten oder mindestens vom fünften Teile des

Erdhalbmessers annehmen wolle, also eine solche von etwa 1300 bis 1600 Kilometer Stärke. Viele Gelehrte sind nun der Ansicht, daß die Erde aus zwei vollständig getrennten Bestandteilen, aus einer festen, unelastischen Kruste bestehe, und aus einer sich unmittelbar an deren Innenseite anschließenden Kugel glutflüssigen Materials. Andere wiederum wollen dies aber nicht gelten lassen. Die Natur macht keine Sprünge, so behaupten sie, und man muß annehmen, daß sich im Innern der Erde alle nur denkbaren Aggregatzustände der Materie mit unmerklichen und stetigen Übergängen vorfinden. Diese Auffassung der Sache, so sagen dieselben weiter, ist diejenige, welche sowohl die geologischen Erscheinungen der Vorzeit und der Gegenwart am besten erklärt, als auch diejenige, welche am besten standhält gegenüber den Einwänden der Astronomen. Wir wollen diese letztere Ansicht ein wenig näher kennen lernen und dabei im wesentlichen den Auseinandersetzungen darüber folgen, welche uns in allerneuester Zeit der bekannte Münchener Geograph S. Günther*) gegeben hat. Infolge der im Innern des noch glühenden Gasballes herrschenden Hitze verlieren die daselbst vorhandenen Gase ihre chemischen Sondereigenschaften, ihre Individualität; ihre Molekel zerfallen wieder in die einzelnen Atome. Aus solchen einatomigen Gasen besteht die Zentralsphäre unseres Planeten. Aber die Atome finden sich wieder zu molekularen Gruppen zusammen, sobald wir in Regionen kommen, woselbst die Temperatur wieder sinkt, die Gase individualisieren sich

---

*) Lehrbuch der physikalischen Geographie. Stuttgart, 1891.

wieder, und zwar wird diese Rückbildung am frühesten, d. h. dem Mittelpunkt zunächst, für die spezifisch-leichtesten Gase, so z. B. für den Wasserstoff, eintreten. In größerer

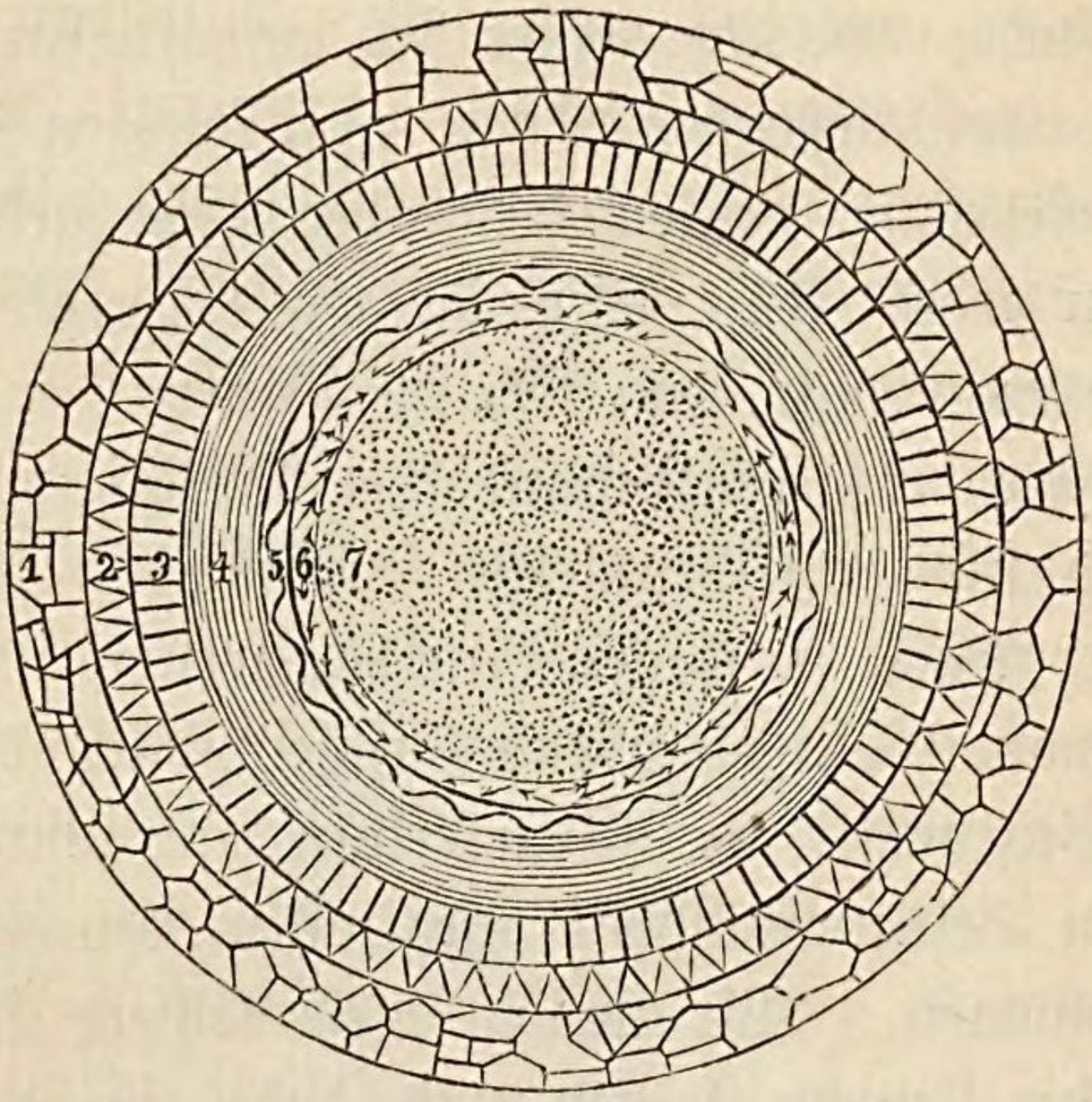


Fig. 2. Schematischer Durchschnitt durch die Erdkugel. Nach Günther.
1: Zone der festen Erdkruste. 2: Zone der Plastizität. 3: Zone der Zähflüssigkeit.
4: Zone der flüssigen Massen. 5: Zone des Übergangs von der Flüssigkeit zum Gase.
6: Zone der gemischten Gase. 7: Zentralsphäre der einatomigen Gase.

Entfernung vom Erdmittelpunkt fällt die Temperatur immer mehr, während sich immer noch ein starker Druck geltend macht, und demzufolge werden sich hier Gase ansammeln, welche dem Mariotte'schen Gesetze*) nicht mehr gehorchen. Das ist die Zone der gemischten Gase. Nur noch ein Schritt ist von dem soeben berührten Zustande

---

*) Das Mariotte'sche Gesetz besagt, daß die Dichtigkeit einer Gasmasse im geraden Verhältnis des Druckes wächst, oder mit anderen Worten, daß das Volumen einer Gasmasse dem Drucke, welchem dieselbe ausgesetzt ist, proportional ist.

der Gase bis zu ihrer wirklichen Verflüssigung; allmählich vollzieht sich auch dieser Vorgang, und zwar in der fünften Zone, in derjenigen des Überganges vom Gase zur Flüssigkeit. Weiter nach außen hin treffen wir schon wirklich tropfbar-flüssige Körper und gelangen somit in die vierte Zone, in diejenige der flüssigen Massen. In neuerer Zeit nun hat sich die Überzeugung, daß auch der Begriff des Tropfbar-flüssigen kein einheitlicher sei, sondern eine Reihe von Zwischen- und Übergangszuständen in sich begreife, allgemeiner Bahn gebrochen. Ähnliches mag in dieser vierten Zone stattfinden, und die freie Verschiebbarkeit der einzelnen Teilchen wird immer geringer werden, bis die Masse endlich teig- oder breiartige Konsistenz angenommen hat, bis die dritte Zone, diejenige der Zähflüssigkeit, erreicht ist. Allmählich wird aus der zähflüssigen Masse eine feste, jedoch eine durchaus nicht gänzlich starre, sondern eine gegen Druck sich plastisch verhaltende. Nun sind wir in die zweite Zone, in diejenige der Plastizität, gekommen, welche ihrerseits nach außen zu wieder nach und nach in die erste Zone, in diejenige der festen Erdkruste, übergeht. Die nebenstehende Abbildung soll dazu dienen, die Vorstellungen, welche sich die eben vorgetragene Ansicht von den verschiedenen im Innern unserer Erde vorhandenen Aggregatzuständen bildlich zu erläutern. Wir haben die Figur dem genannten schönen Buche von S. Günther entnommen, machen aber darauf aufmerksam, daß, wie dies auch der erwähnte Gelehrte betont, die Kreise, welche die einzelnen Zonen auf dem Bilde von einander scheiden, nicht wirklichen in der Natur vorhandenen Trennungsflächen entsprechen,

sondern daß vielmehr der Übergang der einzelnen Zonen ineinander als ein durchaus stetiger angesehen werden muß.

Der Annahme von einem feurig-flüssigen, resp. glühenden Erdinnern steht aber eine andere gegenüber, diejenige, welche behauptet, unser ganzer Planet sei auch in seinem Innern durchaus fest und starr. Hopkins hat es bei seiner schon weiter oben (S. 30) ausgeführten Ansicht nicht bewenden lassen, er ist sogar noch weiter gegangen und hat gesagt, die Erde könne ebensogut vollständig starr sein und dennoch den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen. Die Berechnungen von Hopkins sind vielfach angefeindet worden, später jedoch hat sich der berühmte englische Gelehrte W. Thomson wieder eingehender mit der Frage nach der Starrheit unseres Planeten beschäftigt und ist zum Resultate gelangt, daß derselbe nicht, wie man gewöhnlich voraussetzt, ganz flüssig sei bis auf eine dünne Schale von 30 bis 100 englische Meilen Dicke, sondern daß die Erde im ganzen sicherlich von noch größerer Starrheit sein müsse, als eine kontinuierliche Glaskugel von demselben Durchmesser und wahrscheinlich auch starrer, als eine Stahlkugel von gleicher Größe. Um die vulkanischen Erscheinungen zu erklären, womit wir uns schon im folgenden Kapitel zu beschäftigen haben werden, hatte Hopkins, nachdem er sich für die Starrheit unseres Planeten entschieden hatte, einzelne mit glutflüssigem Gesteinsmaterial, mit sogenannter Lava erfüllte Hohlräume vorausgesetzt. Auch W. Thomson teilt diese Auffassung der Sache. Nach diesem ist die Erstarrung unseres Planeten wie folgt vor sich gegangen: „Sobald die Oberfläche zu erstarren

anfing und in so großer Menge erstarrt war, daß sie nicht mehr schwimmen konnte, sank die Masse gegen das Zentrum hinab. Erneute Erstarrung an der Oberfläche erfolgte. Auch das Neuverfestigte sank und dasselbe wiederholte sich wieder und wieder. So wurde nach und nach eine Art von wabenförmigem festem Gerüst gebildet. Es entstand ein Skelet oder Rahmen durch die ganze Masse, in welcher sich Pfeiler bis zur Oberfläche erhoben. In den Zwischenräumen zwischen diesen Pfeilern entstanden, wenn sie nahe genug bei einander standen, aus den erstarrten Laven Brücken von festem Gestein, die im Verhältnis zu ihrer Breite dick genug waren, um nicht einzustürzen und zu sinken. Nach und nach wurde die wabenartige Masse nahezu fest mit nur unbedeutenden Zellen von flüssiger Lava“ (Petersen).

Zur Aufstellung ähnlicher Vermutungen über das Erdinnere ist auch der englische Vulkanologe Poulett-Scrope gelangt, nur nimmt derselbe keine einzelnen Lavaseen an, sondern das Bestehen einer zusammenhängenden Schicht geschmolzenen Gesteinmaterials zwischen einem festen Kern und einer starren Kruste.

Der Hypothesen über den Zustand im Innern unseres Planeten sind zu viele, als daß wir uns mit allen eingehender beschäftigen könnten. Die von Günther vertretene Ansicht, welche wir weiter oben entwickelt haben, ist jedenfalls diejenige, welche uns zumeist befriedigen dürfte, und wenn es auch ihr nicht immer gelingen mag, alle Bedenken zu widerlegen und alle Einwürfe zu entkräften, wenn auch sie nicht imstande ist, über die Ursache aller Erscheinungen an der Oberfläche unseres Planeten in

vollständig genügender Weise Auskunft zu geben, so mögen wir uns der Worte erinnern, daß unser Wissen nur Stückwerk ist. Jedenfalls, um das hier nochmals zu wiederholen, erklärt dieselbe am besten nicht nur die geologischen Ereignisse der Vorzeit und der Gegenwart, sondern sie hält auch am besten vor den Einwürfen des Astronomen stand. Und das ist schon sehr viel! Allerdings ist auch neuerdings wieder, wie schon früher, versucht worden, die Annahme eines starren Erdkörpers in Einklang zu bringen mit gewissen geologischen Vorgängen, so mit dem Vulkanismus, dessen Phänomene eine derartige Voraussetzung oft auszuschließen scheinen. Die geistvolle Art, womit der Oesterreicher E. Reyer diese Widersprüche zu versöhnen gesucht hat, werden wir bei der Besprechung der die vulkanischen Erscheinungen bedingenden Ursachen noch bewundern können.

Einem ständigen Wechsel ist die Oberflächengestaltung unserer Erde unterworfen. Langsam, aber stetig gehen diese Wandlungen vor sich. Dort, wo heute schnee- und eisbedeckte Bergriesen in den azurnen Himmel hineinragen, wo die Gemse von Fels zu Fels springt und das Murmeltier pfeift, dort, wo saftige Wiesen grünen und in dunklen Wäldern das Laub rauscht, wo durch volksbelebte Länder das Dampfroß keucht, dort hat ehemals ein sturmgepeitschter Ozean seine grauen Wogen gewälzt. Und in tausenden und abertausenden von Jahren wird es dort vielleicht wieder so sein. Das ist der Gang der Dinge. Nichts Neues gibt es unter der Sonne, es ist alles schon einmal dagewesen. Ewig sind die Gesetze, die das Weltall, die auch unsere Erde regieren, ewig und

unwandelbar, wie Der, der sie geschaffen hat, und vor dem tausend Jahre sind, als wie ein Tag.

Laß die Starrheit des Geword'nen
Künden, was belebend treibt,
In dem Wechsel der Erscheinung.
Ahne das, was ewig bleibt.

So singt der Dichter, und das zu thun, was seine Worte sagen, diese Gesetze zu erforschen, soweit Menschenverstand dieselben zu ergründen vermag, das ist die Aufgabe des Naturforschers, in unserem Falle des Geologen. Dunkel ist oftmals der Weg, der ihn emporführen soll zu den lichten Höhen der Erkenntnis, gar manchmal strauchelt sein Fuß, und vieles ist ihm noch rätselhaft und wird ihm vielleicht immer ein Rätsel bleiben. Denn:

Es irrt der Mensch, so lang er strebt!

Günstiger in dieser Beziehung stehen die beiden anderen beschreibenden Naturwissenschaften da, die Botanik und die Zoologie. Die direkte Beobachtung bietet ihren Jüngern hier ein weiteres und größeres Feld der Forschung, als es die Geologie, die Lehre von der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten vermag. Diese muß gar oftmals zur Vermutung, zur Hypothese ihre Zuflucht nehmen. Und wenn ich nun versuchen will, mein lieber Leser, dir in den folgenden Abschnitten vorzutragen, was wir bis jetzt wissen von den Erscheinungen auf der Erdoberfläche und von den Ursachen, welche sie bedingen, wenn ich mich manchmal gezwungen sehen werde, dir einzugestehen, daß wir nicht immer sagen können: es ist bestimmt so, sondern nur: wir vermuten, daß dem so ist, so magst du's erklärlich

finden und darum nicht schlechter von der schönen Wissenschaft denken, der ich diene.

Noch manch ein Rätsel ungelöst
Ragt in die Welt von heute,
Doch ist dein sterblich Teil verwest,
So kommen andre Leute.

Mit diesen Versen eines großen deutschen Sängers, in dessen Reisetasche der Geologenhammer niemals gefehlt hat, mit den Worten J. V. von Scheffels wollen wir uns trösten. Kaum vierthalb Jahrhunderte ist es her, seit Johannes Agricola seinen Bermannus geschrieben und damit den Grund gelegt hat zur geologischen Wissenschaft, und während dieser kurzen Spanne Zeit hat diese doch schon sehr große Dinge zu leisten vermocht. Vorwärts, so heißt auch bei uns die Losung, immer vorwärts in rastlosem Forschen, vorwärts, mente et malleo!

1. Abschnitt.

Aus der Esse Vulkans.

Erstes Kapitel.

Allgemeines.

Nicht blos durch das Imponierende ihrer Massen zieht uns der Anblick vulkanischer Berge an. Nein! Er beschäftigt zugleich auf das lebhafteste des Menschen Seele, indem er sie zurückführt an den geheimnisvollen Quell des unterirdischen Feuers, zu allen den großen Geheimnissen und Mysterien, die hier bewahrt werden, und deren Schleier vollständig zu lüften dem Forscher wohl niemals gelingen wird. Was Wunder also, wenn die Feuerberge und die damit verbundenen Erscheinungen schon die Einbildungskraft der Alten gewaltig angeregt haben und eine bedeutende Rolle in ihren mythologischen Überlieferungen spielten. Seit historischen Zeiten ist den Vulkanen allerdings nicht mehr jene umfassende Allgemeinheit verliehen, welche den meisten übrigen, das Felsgerüst unseres Erdballs aufbauenden und auch wieder zerstörenden Agentien zukommt, und die vulkanischen Kräfte im engeren Sinne sind in ihrem Wirken ungleich minder ausgedehnt und mehr auf einzelne Gegenden und Örtlichkeiten beschränkt. Es sind dieselben also nur mehr lokal thätige

Ursachen und wenig geeignet, jetzt noch auf größeren Flächenräumen unserer Planetenrinde umfassendere Veränderungen hervorzubringen. Nichtsdestoweniger giebt es kaum einen Gegenstand, der vergleichbar wäre mit der Gewalt des Vulkanismus, welcher in der inneren Cyklopenwelt, in dunkeln und unerforschten Tiefen, in der Erde Mark herrscht. Durch seine Thätigkeit entsteigen hier neue Berge dem Mutterschoße der Erde, dort stürzen Teile unseres Planeten in ausgebrannte Weitungen hinab, ganze Städte mit ihren Bewohnern sieht man unter Aschen und Laven begraben, versinken in Glut und Brand. Ungeheure Dampfmassen werden, wie Pulsschläge, in die Höhe getrieben, breite Ströme glühendheißer Laven treten aus den Schlünden heraus, sich zu Bergen auftürmend oder sich über die nächste Umgebung ergießend, und lachende Fluren werden dadurch zu schaurigen Lavafeldern; nach allen Richtungen des Horizonts hin schleudert der Feuerberg mit gewaltiger Kraft glühende und leuchtende Massen empor, unermeßliche Aschenmengen verfinstern das Tageslicht, weit umher sind Schrecknis und Verzweiflung verbreitet. Ja, selbst dem Meere entsteigen neue Inseln; rauchend und flammend treten sie hervor aus des Ozeans Tiefen.

Weder im alten noch im neuen Testament finden wir eine Stelle, die den zuversichtlichen Schluß gestattete, daß deren Verfasser auch nur das geringste von vulkanischen Eruptionen gewußt hätten. Allerdings berichtet uns ja schon Moses im 19. Kapitel seines ersten Buches vom Untergange des Thales Siddim mit den Städten Sodom und Gomorrha durch Schwefel und Feuer, die

vom Himmel herabregneten. Aber diese mosaische Erzählung läßt sich mit einem Ausbruch irgend eines Feuerberges nicht recht in Einklang bringen. Die Bücher des alten Bundes reden des öfteren von Bergen, die vor Jehova zittern und beben, die rauchen, wenn sie Gottes Finger berührt, auf die er eine Flamme herabsendet, um sie zu verbrennen, die vor ihm zerschmelzen, wie Wachs u. s. f. Und der Psalmist sagt (Ps. 113): „Als Israel aus Aegypten zog, da ward Juda sein Heiligtum — das Meer sah es und floh, der Jordan wandte sich zurück. Die Berge hüpften wie Widder und die Hügel wie junge Lämmer. Vor dem Antlitz des Herrn erbebte die Erde.“ Alle diese Bilder sind jedoch derartig beschaffen, daß sie auch sehr wohl als Ausgeburt einer Phantasie betrachtet werden können, welcher das Wesen vulkanischer Erscheinungen völlig fremd war. Nur an Gewitter und vielleicht auch an Erdbeben scheint der Sänger dabei gedacht zu haben. Am ehesten möchte man noch versucht sein, die Berichte von dem Feuer und Rauch auf dem Berge Sinai zur Zeit der Gesetzgebung als damals stattgefundene Eruption zu deuten, wenn man nicht wüßte, daß dieses Gebirge aus granitischen und ähnlichen Gesteinen besteht, ein Umstand, welcher eine derartige Annahme durchaus nicht gerechtfertigt erscheinen läßt.

Anders nun verhält sich die Sache in betreff der Schriften, die uns die Weltweisen, Geschichtsforscher und Dichter des heidnischen Altertums hinterlassen haben. Bei diesen finden wir gar mannigfache Kunde von der vulkanischen Thätigkeit des Ätna, der liparischen und noch anderer Feuerberge der italienischen und griechischen Lande.

Was wir aber vom Vesuv an Überlieferungen aus vorchristlicher Zeit besitzen, das gehört in das Reich der Mythe, denn der erste Ausbruch dieses Vulkans, von welchem man sichere Kunde hat, fiel in die Regierungszeit des Titus, ins Jahr 79 nach Christi Geburt.

Der Vater der Dichtkunst, Homer, thut des Ätna in keinerlei Weise Erwähnung, dagegen erzählen Pindar, Thukydides, Appianus, der Sänger der Äneide, Vergil, und auch des großen Alexanders noch größerer Lehrer Aristoteles von Stagira vielerlei von dieser „Säule des Himmels". Daß die Mythologie sich in besonders hervorragender Weise mit den vulkanischen Phänomenen beschäftigte, das haben wir ja schon weiter oben betont. Auf der Insel Ischia hielt Jupiter die Titanen, die Repräsentanten gewaltsamer Naturkräfte, unter der Erde gefangen. Dem Hesiod verdanken wir eine poetische Schilderung der dortigen vulkanischen Erscheinungen, welche damals in einem Lavaerguß bestanden haben dürften, der aus mehreren Feuerschlünden zugleich erfolgte und von unterirdischem Getöse begleitet war. „Jedes Titanenhaupt," so sagt der Dichter, „sprühte Feuer und Flamme; jedes stieß einen anderen Laut aus, erschreckliches Geräusch, bald wie Stöhnen eines Riesenochsen, oder wie Gebrüll des gereizten Löwen, bald dem Gebell einer Koppel Hunde gleich. Solche Schreckenstöne stiegen aus den Tiefen des Gebirges auf." Ganz ähnliche Vorstellungen hatte man im Altertum von der vulkanischen Thätigkeit des Ätna und der Insel Volcano, der Vulcania der Alten. Im sizilischen Feuerberge hauste der Riese Eukeles oder auch Typhon, dessen Odem Flammen und Aschen sprühte, und

Thukydides berichtet uns, die Anwohner der aus dem Meere emporgestiegenen Insel Hiera bei Santorin glaubten, hier sei die Werkstätte Vulkans, zumal sie am Tage Rauch, nachts aber Flammen daraus hervordringen sahen. In den „brennenden Gefilden“, den Campi phlegräi war das Forum Vulcani, der Eingang zum Hades. Hier bewachte der dreiköpfige Cerberus die Pforte der Unterwelt.

Strabo, welcher zur Zeit des Augustus 17 Bücher über geographische Dinge geschrieben hat, äußert sich in besonders merkwürdiger Weise über den Ätna. Wir können uns nicht versagen, die Worte des römischen Schriftstellers in der Übersetzung hier anzuführen: „Der Berg Ätna,“ so hebt er an, „ragt zumal über Catana hervor und ist 80 Stadien davon entfernt. Alle Leidenschaften seines Kraters läßt er diesen Ort abbüßen, denn die Lavaströme fließen auf das nachbarliche catanische Gebiet herab. Dünkt es dem Neptun gut, daß der Berg sich entzünden soll, so werden die Ländereien der Umgegend Catanas tief bedeckt mit Asche, die auf eine Zeit lang zwar tiefen Schaden thut, später der Gegend aber sehr zu statten kommt, denn es gedeihen hier vortreffliche Weine und Früchte, und die mit Asche bedeckten Ländereien erzeugen Wurzeln, welche die Schafe so fett machen, daß man sie von 40 zu 40 Tagen zur Ader lassen muß.“

Dem Fortschreiten naturwissenschaftlicher Erkenntnis ist das Mittelalter bekanntlich nur wenig günstig gewesen. Es ist dieserhalb verständlich, wenn aus jener Zeit wenig beachtenswerte Mitteilungen über die Feuerberge auf uns gekommen sind, so, um einige der hier in Betracht fallenden Autoren zu nennen: Tolomeo Tiadoni aus

Lucca, Prior zu Sta. Maria Novella in Florenz, welcher um 1302 gelebt hat und unter dem Namen Ptolemäus Lucensis genauere Nachrichten über den damals auf Ischia stattgefundenen Ausbruch gab, ferner Aurelius Augustinus, der in seinem Buche: De civitate Dei Eruptionen des Ätna beschrieb.

Erwähnenswert ist ferner aus dem 17. Jahrhundert eine Schrift des bekannten Jesuitenpaters Athanasius Kircher, der Mundus subterraneus. Wir finden darin zum ersten Male Ansichten ausgesprochen, wie solche auch in neuerer Zeit wieder vielfach aufgekommen sind. Kircher war nämlich der Meinung, im Innern unseres Planeten seien große, von Feuer und geschmolzenem Gesteins-material erfüllte Räume vorhanden, und zwar in ziemlich regelmäßiger Anordnung und in verschiedenen Tiefen der Erde belegen. Diese kleineren Pyrophylacien, wie er sie nannte, stünden wiederum vermittelst Kanäle mit einem großen, im Mittelpunkt der Erde belegenen Pyrophylacium in Verbindung und aus ihnen würden die Feuerberge mit Laven gespeist.

Ein Gegenstand allgemeiner Teilnahme sind die vulkanischen Erscheinungen zumal seit der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts geworden. Mehr und mehr er-kannte man den entschiedenen Wert, welchen die Unter-suchung sämtlicher auf die vulkanische Thätigkeit zurück-zuführender Phänomene für das Fortschreiten geologischer Kenntnisse haben mußte. Die Zeit war vorüber gegangen, wo man die vulkanischen Erzeugnisse gleichsam als außer Verband mit der allgemeinen Entwickelungsgeschichte unserer Erde stehend betrachtet hatte und der Meinung

war, es seien dieselben nicht geeignet, unser Wissen von derselben zu fördern. Gegenwärtig hat eine bessere Überzeugung sich Bahn gebrochen. Voll und ganz hat man den wesentlichen Anteil erkannt, welcher jenen Kraftäußerungen am mannigfachen Wechsel zusteht, den die Erdoberfläche während nicht zu berechnender Zeiträume erfuhr. „Die vulkanischen Phänomene," so sagt einer der berühmtesten Naturforscher unseres Jahrhunderts „gehören zu den wichtigsten Gegenständen der Geologie nicht allein, sondern der gesamten Physik der Erde."

Das, was wir heutzutage nun unter Vulkanismus verstehen, beschränkt sich nicht allein nur auf die Lehre von den Feuerbergen selbst und auf deren Thätigkeit in vorgeschichtlicher und geschichtlicher Zeit, sondern es umfaßt dieser Begriff auch alle diejenigen Erscheinungen, welche mit der Voraussetzung eines völlig oder auch nur partiell glutflüssigen Erdinnern in ursächlichem Zusammenhange stehen, also z. B. auch gewisse Erdbebenerscheinungen, die Niveauveränderungen weiter Gebiete unseres Planeten, den Vorgang der Gebirgsbildung, und noch anderes mehr. Die Mehrzahl dieser Dinge wollen wir noch näher kennen lernen, hier jedoch sollen uns zunächst nur die Vulkane selbst, ihr Werden und ihr Vergehen, auch ihre Verbreitung auf Erden etwas eingehender beschäftigen.

Zweites Kapitel.

Die Feuerberge oder Vulkane.

Ihre Entstehungsbedingungen. Kesselkratere. Lose Auswurfsmassen, vulkanische Aschen und Sande, Lapilli und vulkanische Bomben. Maare. Schicht- oder Stratovulkane. Die Höhe der Vulkane. Der Monte nuovo und die Monti rossi. Der Vulkan von Santorin. Die Lavakegel. Vulkanruinen. Einsturzkratere. Verschiedene Höhe eines und desselben Vulkans. Die Entstehung konzentrisch aufgebauter Vulkane, erläutert am Vesuv. Der Vesuv vor seinem Ausbruch im Jahre 79 n. Chr. Des Plinius Bericht von dieser Eruption. Pompeji und Herculanum. Der Vesuv in späterer Zeit. Exzentrisch gebaute Vulkane. Der Ätna und das Val di Bove. Die Größenverhältnisse und die Wandlungen der Vulkankratere. Die Feuerberge im Landschaftsbild. Der Ätna, nach A. von Lasaulx, der Cotopaxi, nach Th. Wolf.

Die allererste, die Grundbedingung für die Entstehung eines Vulkans, ist das Vorhandensein einer Spalte in der festen Erdkruste, welche eine nur zeitweilige oder auch dauernde Verbindung zwischen der Oberfläche unseres Planeten und dessen inneren Regionen zustande kommen läßt. Nun gehen wir aber, wie wir das schon in der Einleitung sahen, von der Annahme

aus, daß unsere Erde in einer gewissen Tiefe glutflüssig sein muß. Dieser letztere Umstand bringt notwendigerweise bei fortwährendem Erstarren des Erdsphäroids eine Verminderung von dessen Volumen mit sich. Die feste Erdkruste wird infolgedessen bestrebt sein, sich den unter ihr liegenden, in glutflüssigem Zustande befindlichen Zonen anzupassen und anzuschmiegen, denn ihr Umfang wird ja für diese letzteren zu groß. Den Gesetzen der Schwerkraft folgend, faltet und runzelt sich deshalb die Erdkruste an gewissen Stellen zusammen, wie etwa, um ein schon gar oft gebrauchtes Bild, das sich schwerlich durch ein besseres ersetzen ließe, hier wieder anzuführen, die Schale einer vertrocknenden Frucht, wenn das innere Fleisch seine Rundung verliert, von diesem nicht mehr getragen wird, da und dort einsinkt und sich mit Unebenheiten, Falten und Runzeln bedeckt. In diesen so gefalteten und gerunzelten Stellen unsrer Erdoberfläche müssen aber Spannungen entstehen. Diese haben das Bestreben, sich auszulösen, und zwar wird sich diese Tendenz ganz besonders an den schwächsten und nachgiebigsten Punkten geltend machen. Das sind in erster Linie die Falten selbst. Hier bilden sich Risse und Sprünge, wie Figur 3 dies in schematischer Darstellung erläutern soll. Derartige Risse und Sprünge, die wir Spalten nennen wollen, sind in unendlicher Anzahl vorhanden. Es durchziehen dieselben unsere Erdfeste nach den verschiedensten Richtungen hin und zerlegen sie in größere und kleinere Teile, in Schollen. Sind solche Schollen, und das ist meist der Fall, gegeneinander verworfen, sind sie dislociert, so entstehen die von den Geologen Ver-

werfungen, Dislokationen und Brüche genannten Erscheinungen, zu deren vorläufigem besseren Verständnis die besagte Figur dienen mag. Wir wollen später noch

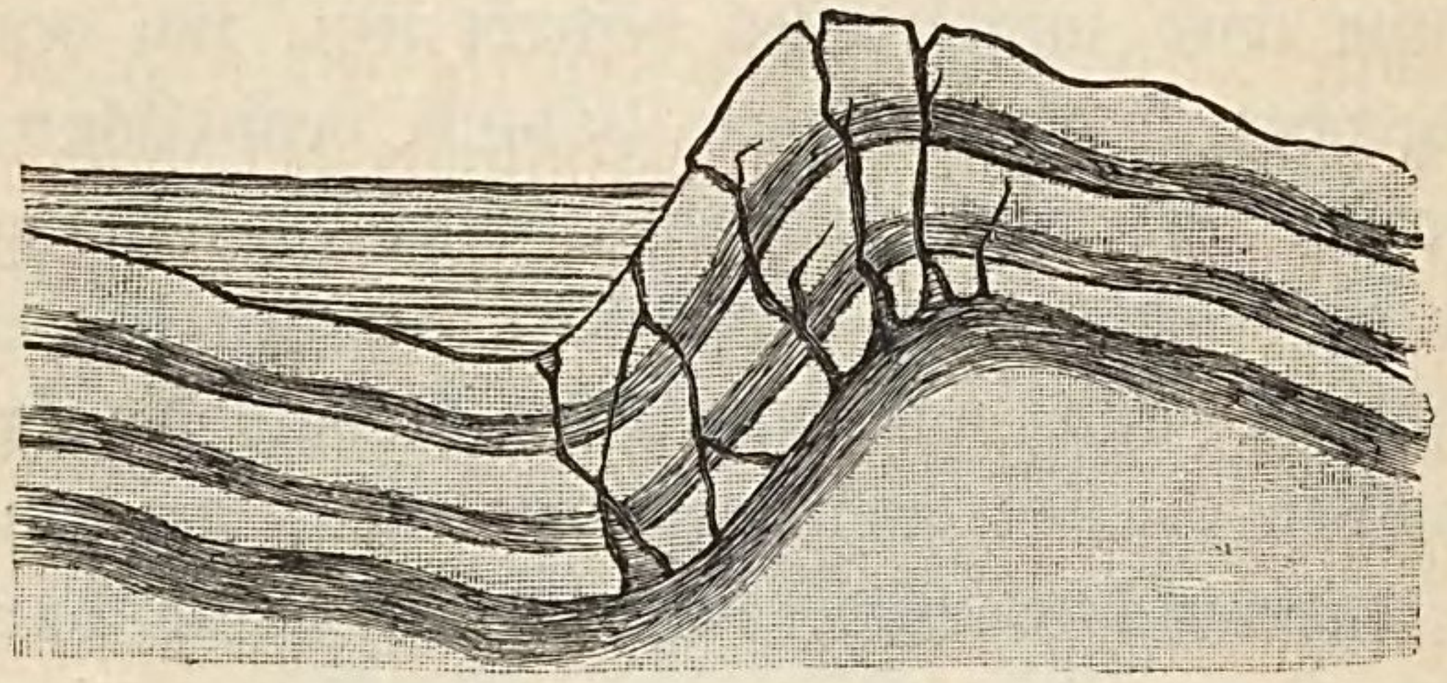


Fig. 3. Schematischer Durchschnitt durch einen Teil der Erdoberfläche. Man sieht den von Spalten durchsetzten gefalteten Teil und in der Depression desselben den Ozean.

näher darauf zurückkommen. Auf derartigen Bruch- oder auch Verwerfungslinien treten, wie uns die Erfahrung zeigt, die Vulkane auf.

Wenn glutflüssiges Material von unten her in eine solche, bis in die Tiefen der Erde reichende Spalte eintritt, aus Gründen, die wir besser vorerst noch nicht erörtern, so ist dasselbe, wie wir ebenfalls genau wissen, vermengt mit den verschiedensten Gasen. Diese sind aber unter hoher Spannung gewesen und brechen natürlich in dem Augenblick, woselbst diese letztere durch Öffnen der Spalte gehoben oder auch nur um ein beträchtliches gemindert wird, mit gewaltiger Explosionskraft hervor. Dadurch wird der an der Erdoberfläche belegene Ausgang der Spalte kesselartig oder auch trichterförmig erweitert werden, und ein Krater kommt zur Ausbildung. Ist die Gasentwickelung beim Beginn des ganzen Vorgangs

eine verhältnismäßig schwache und dringt das feuerflüssige Gemenge, das Magma — ein griechisches, einen dickflüssigen Teig bezeichnendes Wort —, oder die Lava nur langsam aus der Tiefe empor und kommt gar nicht zum Austritt aus dem Krater, so bleibt der Vulkan in diesem seinem Embryonalstadium stehen, als Kesselkrater oder auch als Explosionskrater, wie dergleichen Gebilde, in Form und Entstehungsweise einem Minentrichter durchaus ähnlich, genannt werden. Bei der Explosion reißen die Gase in den allermeisten Fällen eine Menge kleinerer und größerer Teilchen der von ihnen gewaltsam durchbrochenen Lavamassen mit, welche dann hoch in die Lüfte emporgeschleudert werden, währenddem sie erstarren. Sie wandeln sich dabei in ein staubartiges Gemenge kleiner Kryställchen und Krystallstückchen um, die vorwiegend aus Feldspaten, Augit, Leucit und Magneteisen bestehen. Es sind dies die vulkanischen Aschen und Sande. Daneben aber wirft aus denselben Ursachen der Kraterschlund kleinere Stücke schlackenartig erstarrter Lavamasse, die Lapilli oder Rapilli, aus, welche bis wallnußgroß werden können, oder noch andere größere, keulenförmig, rundlich oder auch ellipsoidisch gestaltete Fragmente, die während ihres Falles in drehende Bewegung gerieten und so ihre eigentümlichen Formen erhielten, die vulkanischen Bomben. Solche Auswürflinge überschreiten manchmal die Größe eines Kinderkopfes, und der um die Erforschung der süditalienischen Vulkane so hoch verdiente Forscher Johnston-Lavis hat neulich noch beobachtet, daß der in dem vergangenen Jahre wieder in erhöhte Thätigkeit getretene Feuer-

berg von Volcano, einer der liparischen Inseln, eine derartige, etwa einen Kubikmeter große Bombe über einen Kilometer weit aus seinem Schlunde fortschleuderte. Die aus dem Vulkankrater ausgeworfenen Massen fallen nun in seiner nächsten Umgebung wieder zu Boden und bilden rings um denselben herum einen Wall, welcher je nach der Menge des ejicierten Materials und der Dauer der Eruption bald größer und bald kleiner sein kann. Die meisten der weiter oben geschilderten Kesselkratere besitzen eine niedrige Umwallung aus losen Auswürflingen. Viele derselben haben sich jedoch im Verlaufe der Zeiten mit Wasser gefüllt und stellen heute kleine, nicht selten kreisrunde Seebecken dar, die sehr oft sowohl eines Zuflusses, als auch eines Abflusses entbehren, oder es sind von moorigem Boden und auch von grünen Wiesen bedeckte Vertiefungen daraus geworden. Die berühmten Maare der Eifel sind solche embryonale Vulkane, solche Feuerberge im ersten Stadium ihres Bildungsprozesses. Sie gehören zu den typischsten bekannten Vorkommnissen dieser Art, die sich aber auch in anderen Ländern, so im Auvergner Vulkangebiet, im Albanergebirge, auf Java und Madagaskar wiederfinden. Einige der Eifelmaare besitzen beträchtlichen Umfang, z. B. der Gillenfelder See, auch Pulvermaar genannt, der 94,8 Meter Tiefe und einen größten Durchmesser von 735 Meter aufweisen kann, auch weder Abfluß noch Zufluß hat. Die berühmten Seen von Albano und von Nemi sind ebenfalls solche Kesselkratere. Das letztere dieser beiden Wasserbecken, ein Bild stillen Friedens, in tiefer Abgeschiedenheit belegen und beschattet von dunkelgrünen Baum-

wipfeln, macht einen unvergeßlichen Eindruck auf den Besucher.

Am grünen See von Nemi
Ein alter Ahorn steht;
Durch die laubschweren Wipfel
Ein traurig Flüstern geht.

So besingt ein deutscher Dichter, ein großer Freund der geologischen Wissenschaft, Joseph Viktor von Scheffel in seinem unvergleichlichen Trompeter von Säckingen diese Perle des Albanergebirges. Nahe dabei finden wir den alten Kesselkrater von Vallariccia, der sich vielleicht noch in historischer Zeit in Thätigkeit befunden haben mag, denn Plinius berichtet uns, sein Rand sei so heiß gewesen, daß man Holzkohlen durch bloßes Hinlegen darauf anzünden konnte.

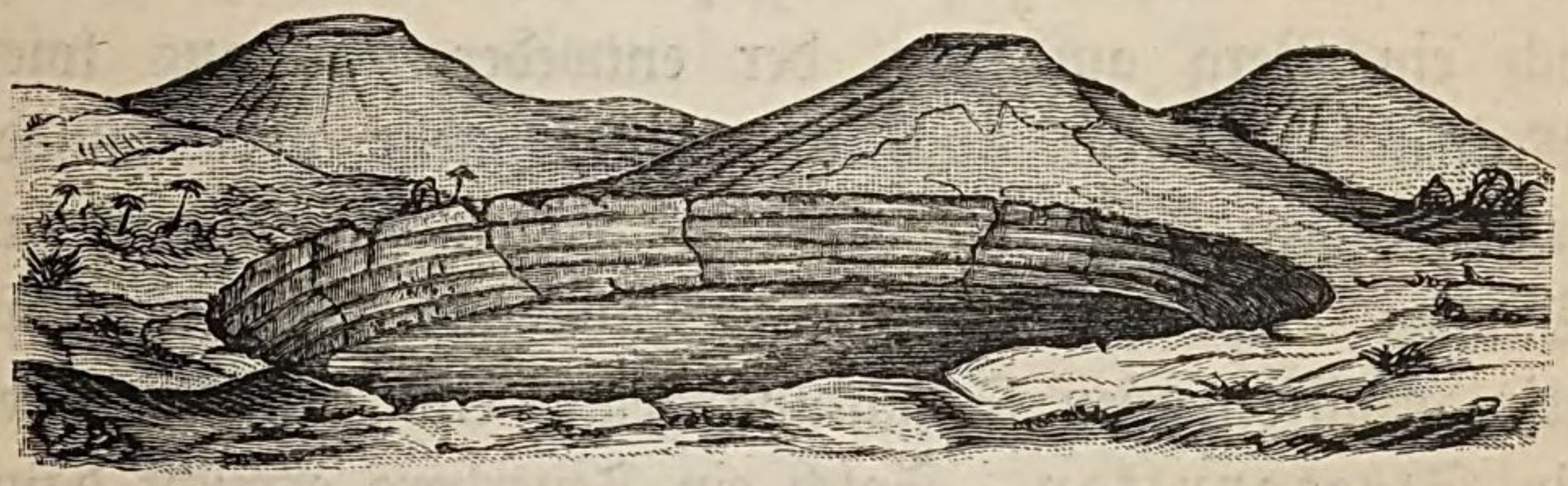


Fig. 4. Der See von Ampombilava auf Nossi-be. Ein typisches Maar. Nach Velain.

Unsre Abbildung 4 zeigt uns ein typisches Maar, den See von Ampombilava auf der Insel Nossi-be an der Ostküste Madagaskars. Dieses Eiland ist seiner vulkanischen Erscheinungen wegen berühmt, und seine Maare sind vor allen anderen durch die schöne kreisrunde Form ihrer Kratere ausgezeichnet.

Die Kesselkratere sind, wie aus den soeben ausgeführten Umständen erhellt, demnach Vulkane, deren Eruptionsthätigkeit eine nur auf kurze Zeiträume beschränkte war, und die nach ihrem ersten und einzigen Ausbruch keine weiteren mehr erlitten haben.

Hat jedoch ein Feuerberg im Verlaufe der Jahre mehrere oder auch eine größere Anzahl von Paroxysmen zu erleiden, so häuft sich das ausgeworfene Material nach und nach zu einem kegelförmigen Mantel um den Krater herum an, es wird ein oben abgestumpfter Berg daraus, der in seiner Mitte die trichterförmige Öffnung des Feuerschlundes zeigt. Zugleich tritt oftmals bei den Eruptionen Lava aus dem Krater hervor und verfestigt das lose Gemenge der den Aschenkegel bildenden Auswurfsmassen, indem sie dieselben in den verschiedensten Richtungen durchsetzt. Es wird sich allmählich ein Berg aufbauen, der entweder nur aus losen Massen oder aber auch aus einer mehr oder minder regelmäßigen Folge abwechselnder Lagen von Aschen und Sanden, Lapilli, Bomben und Lava zusammengesetzt ist, also gewissermaßen Schichtung zeigt, ein Schicht- oder ein Stratovulkan. Solch ein Feuerberg erreicht dann nach und nach eine beträchtliche Höhe. Der Cotopaxi, der höchste thätige Vulkan der Erde, streckt sein vereistes Haupt 5943 Meter hoch in die Lüfte, der schneeige Gipfel des Ätna überragt das blaue Mittelmeer um 3304 Meter, beträchtlich niedriger ist der Vesuv mit 1250 Meter Meereshöhe, und einer der schrecklichsten und berüchtigsten Feuerberge des Erdballs, der Coseguina im Lande Nicaragua, ist nur 162 Meter hoch. Aller-

dings darf bei so gewaltigen Vulkankegeln, wie z. B. dem Cotopaxi, nicht die ganze Höhe auf Rechnung vulkanischer Thätigkeit gesetzt werden, denn dieser Berg erhebt sich an einer schon selbst in beträchtlicher Meereshöhe belegenen Stelle der Anden Quitos. Aber immerhin fällt noch ein ganz beträchtlicher Anteil den Wirkungen der unterirdischen Kräfte zu. Auch die Natur muß sich Zeit nehmen, wenn sie Gewaltiges zuwege bringen will. Es geht ihr nicht anders, als dem Menschen selbst. Um ein großes Zerstörungswerk zu vollenden, um durch ein Erdbeben ganze Länder zu verwüsten und blühende Städte zu zerstören, dazu bedarf sie nur einer kurzen Spanne Zeit. Einige wenige Minuten, und die Vernichtungsarbeit ist gethan! Nicht so, wenn sie in entgegengesetztem Sinne wirkt. Sie hat Äonen gebraucht, um einen Koloß aufzutürmen, wie den erwähnten Cotopaxi, oder um den schon aus weiter Meeresferne sichtbaren Pik de Teyde auf Teneriffa entstehen zu lassen. Gut Ding will auch hier Weile haben. Nur in seltenen Fällen gelingt den vulkanischen Kräften in dieser Beziehung jetzt noch ein großer Wurf, aber in früheren geologischen Zeiten mag das anders gewesen sein. So wurde im Verlaufe von nur 4 Tagen, zu Ende September des Jahres 1538 in den phlegräischen Feldern der Monte nuovo aufgeworfen, ein etwa 134 Meter hoher Bergkegel, der einen tiefen Krater trägt. Ein Augenzeuge dieses interessanten Vorganges, Marco Antonio Falconi, hat uns in einer seltenen Schrift: „Dell incendio di Pozzuolo“, einen Bericht desselben hinterlassen. „Steine und Aschen“, so erzählt er uns, „wurden mit einem Getöse, wie der Donner von schwerer

Artillerie, in Mengen in die Höhe geworfen, daß man hätte denken mögen, sie würden die ganze Erde bedecken; und innerhalb 4 Tagen hatten dieselben in dem Thale zwischen dem Monte Barbaro und dem Averner See einen Berg von nicht weniger als drei Meilen Umfang und fast so hoch, wie den Monte Barbaro selbst gebildet — was denen gewiß unglaublich dünken wird, welche es nicht mit angesehen haben.“ Und am 11. März 1669 haben sich bei jener denkwürdigen Eruption des Ätna, einer der allerschrecklichsten und verheerendsten, die je vor sich gegangen, so lange die Geschichte von diesem Vulkan zu berichten weiß, die Monti Rovina, die heute Monti rossi genannten Erhebungen gebildet, zwei kegelförmige Hügel, die das Berggehänge über dem Orte Nicolosi um etwa 220 Meter überragen. Auch der Xorullo in Mexiko wurde durch einen heftigen Ausbruch im September 1759 binnen kurzer Frist aufgebaut; dabei entstand ein Kegel von weit über 100 Meter Höhe.

Ein ferneres Beispiel für derartige Leistungen der Natur giebt uns der Vulkan von Santorin im Archipel der Cykladen, an der Ostküste des schönen Griechenlandes. Dreimal, so viel man weiß, hat sich daselbst ähnliches ereignet. Erstmals einige Jahrhunderte vor unsrer Zeitrechnung, als die an 2200 Meter Umfang besitzende Insel Hiera der Alten, zweifelsohne das jetzige Palaea-Kaimeni, „wie wenn es vermittelst eines Hebels geschähe“, — so erzählt Strabo —, den Fluten des Ozeans entstieg. Sodann in dem zwischen 1707 und 1709 nach Christus belegenen Zeitraume, als Nea-Kaimeni sich aus dem Schoße des Meeres emporhob, und schließlich 160

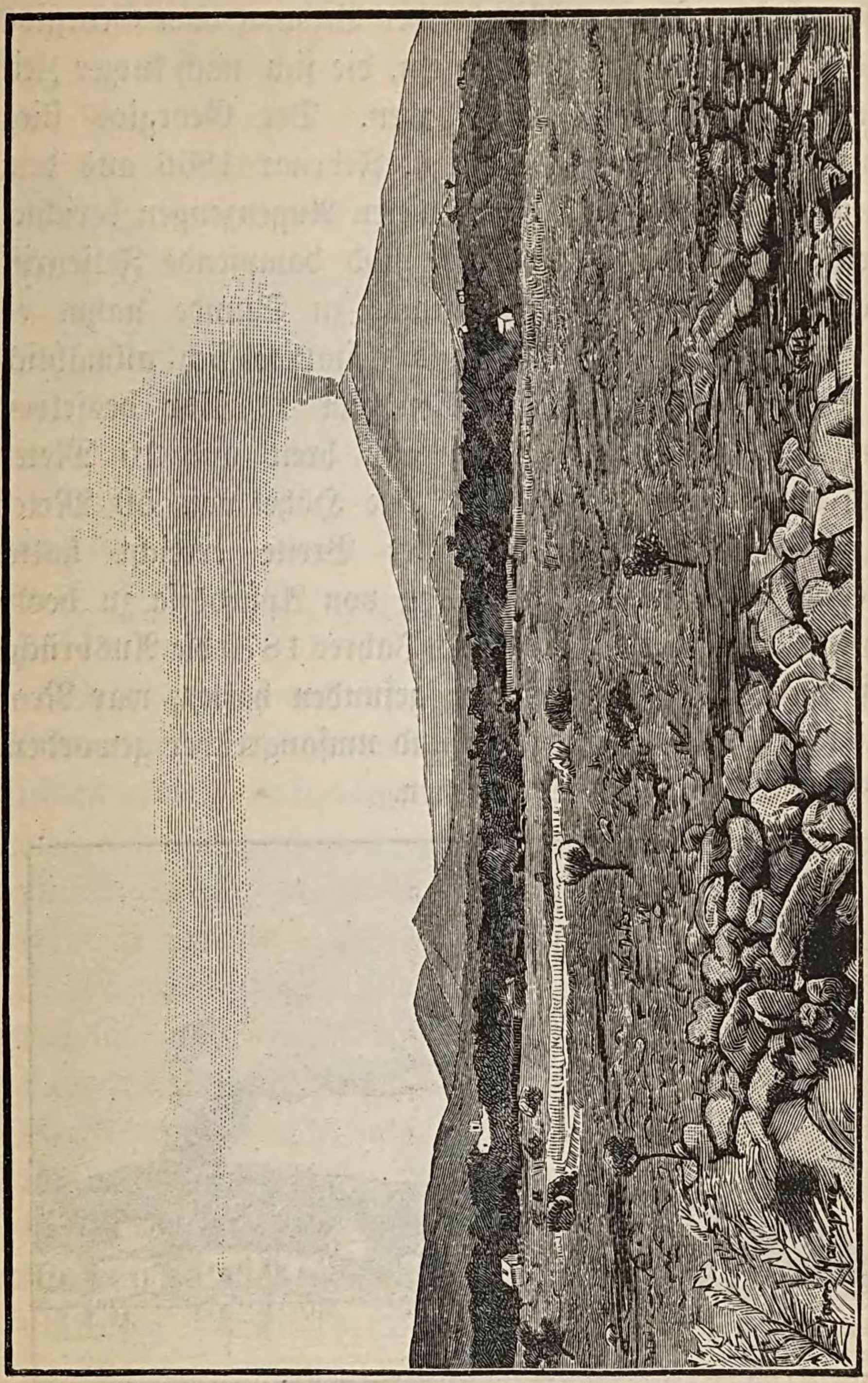


Fig. 5. Der Ätna vom Nicolosi aus gesehen. Links die Monti rossi. Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.

Jahre später, Anno 1866, bei der Bildung vom Georgios und von Aphroëssa, zwei Inseln, die sich nach kurzer Zeit mit Nea-Kaimeni vereinigt haben. Der Georgios stieg ganz unerwarteter Weise am 4. Februar 1866 aus dem Ozean auf; lautlos, wie von vielen Augenzeugen berichtet wird, erschien dieses brennende und dampfende Felsenriff über dem Wasser. Von Stunde zu Stunde nahm es zu an Höhe und Umfang und gestaltete sich allmählich zu einem Bergkegel, der schon um 11 Uhr desselben Tages 25 Meter lang, 8 Meter breit und 10 Meter hoch war, Ende März aber eine Höhe von 50 Meter bei etwa 500 Meter größter Breite erreicht hatte. Gleiches war bei der Entstehung von Aphroëssa zu beobachten. Als gegen Ausgang des Jahres 1870 die Ausbrüche auf Santorin ihren Abschluß gefunden hatten, war Nea-Kaimeni etwa viermal größer und umfangreicher geworden, als vor Beginn der Eruptionen.

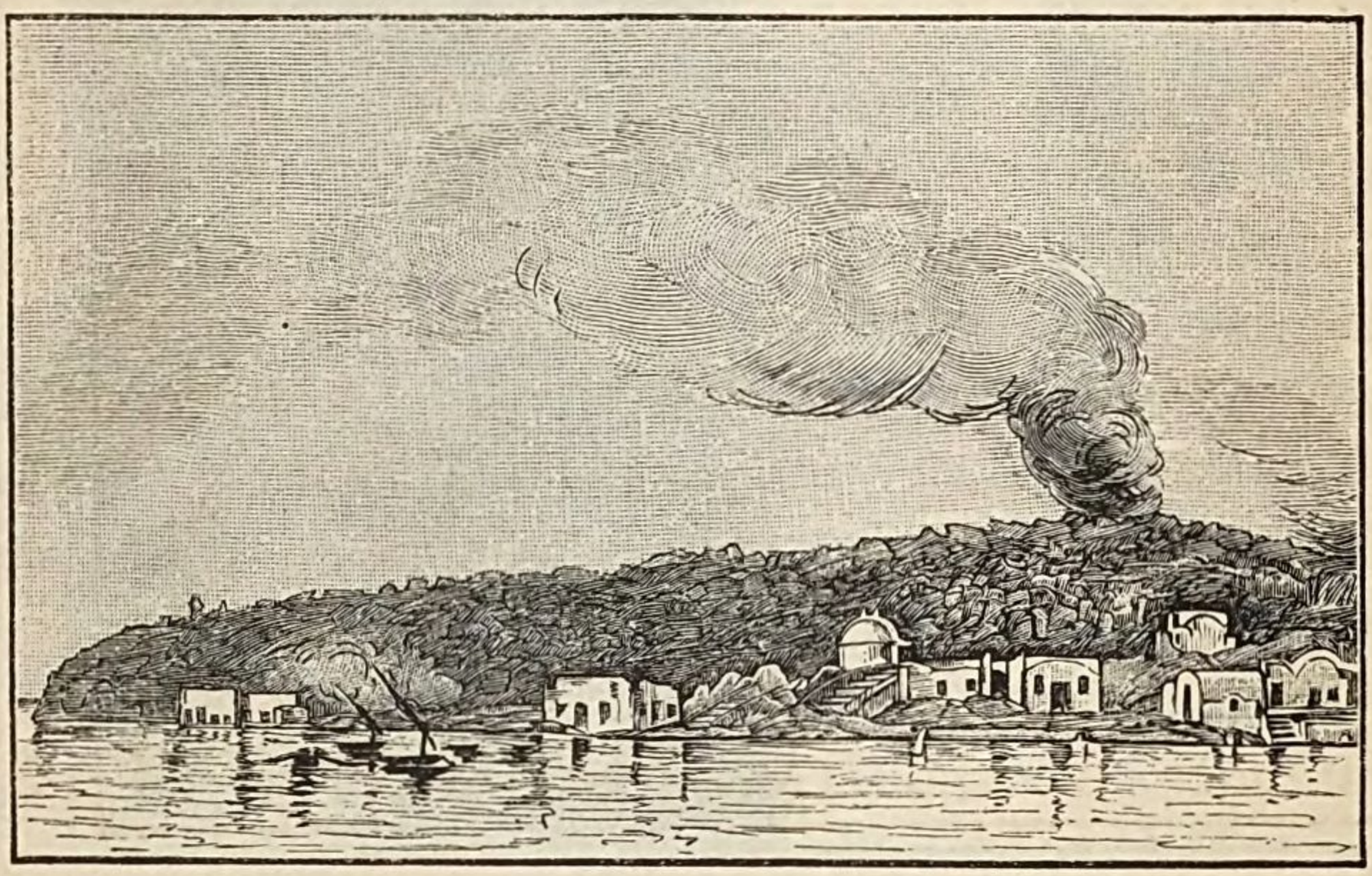


Fig. 6. Die Georgspitze mit dem zerstörten kleinen Hafen Vulkanos am 6. April 1866, vom Südufer von Mikra-Kaimeni aus gesehen. Nach Seebach.

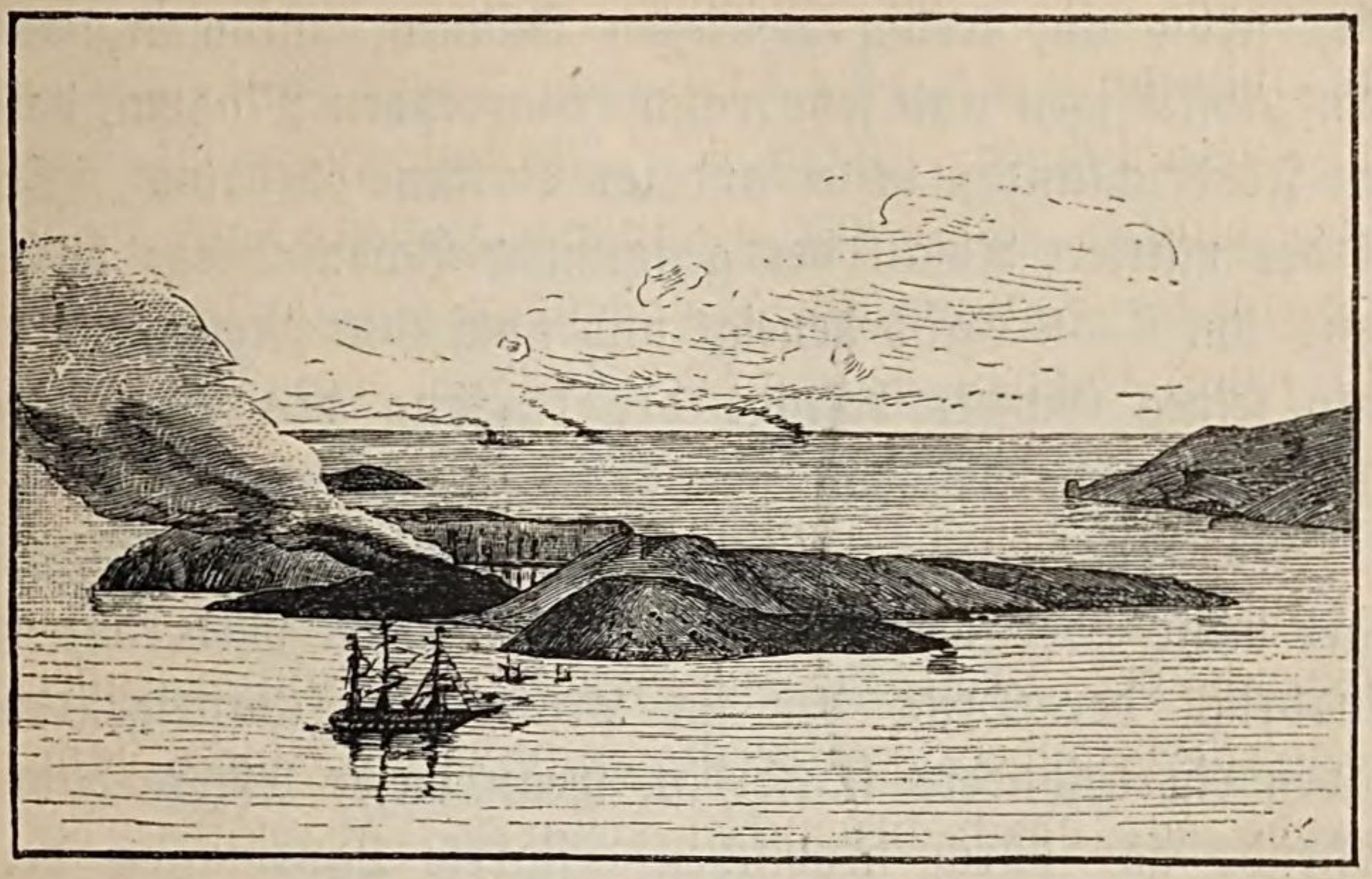


Fig. 7. Die Kaimeni=Inseln von Phira aus gesehen, am 2. April 1866. Im Vordergrunde links der dampfende Georgios. Nach Seebach.

Nicht immer nehmen nur lose Auswurfsmaterialien allein oder zusammen mit Lagen von Lavamassen am Aufbau eines Vulkankegels teil. Man kennt nämlich auch solche, die lediglich übereinandergeschichteten Lava=ergüssen ihr Dasein verdanken, die sogenannten Lava=kegel. Während z. B. die beiden großen italienischen Feuerberge, der Vesuv und der Ätna, dem ersteren Typus angehören und sowohl von Auswürflingen, als auch von Laven gebildet worden sind, zeichnen sich die Vulkane von Hawai, der Ma' una Loa, der Ma' una Kea und noch andere auf dieser Inselgruppe, Berge von über 4000 Meter Meereshöhe dadurch aus, daß sie nur mächtige Auftürmungen von Lavamassen darstellen. Die Entstehung derartiger Lavakegel ist besonders auf sehr dünnflüssige Laven zurückzuführen, denen eben infolge ihrer Leichtflüssigkeit eine weit größere Ausbreitungsfähig=

keit, selbst auf wenig geneigten Flächen, zukommt, als dem zähflüssigen und sehr rasch erstarrenden Magma, das den Feuerschlünden vieler anderer Vulkane entströmt. So ist der mittlere Abfall der genannten Hawai-Berge höchstens um 6—8 Grad geneigt und noch 600 Meter unterhalb seines Gipfels beträgt der Umfang des Ma' una Loa 4 deutsche Meilen!

Bei jeder neuen Eruption verändert sich ein Vulkankegel mehr oder weniger. Wenn bei einem wiederholten Ausbruch der Druck der im Kraterkanal aufsteigenden Laven ein besonders starker ist, wenn dieser letztere dann vollends gar durch inzwischen erstarrte Lavamassen der vorhergegangenen Eruption verstopft wurde, so müssen notwendiger Weise infolge des Dranges des glutflüssigen Magmas, sich Abzugsrinnen zu schaffen, radiale, den Berg durchsetzende Risse und Spalten entstehen. Auf den Ausgangspunkten dieser Radialrisse sitzen dann neue, kleinere Kegel, die Lateralkegel auf, deren ganzer Aufbau natürlich durchaus demjenigen des Hauptkegels selbst entsprechen wird. Ganz besonders reich an solchen Lateralkegeln oder

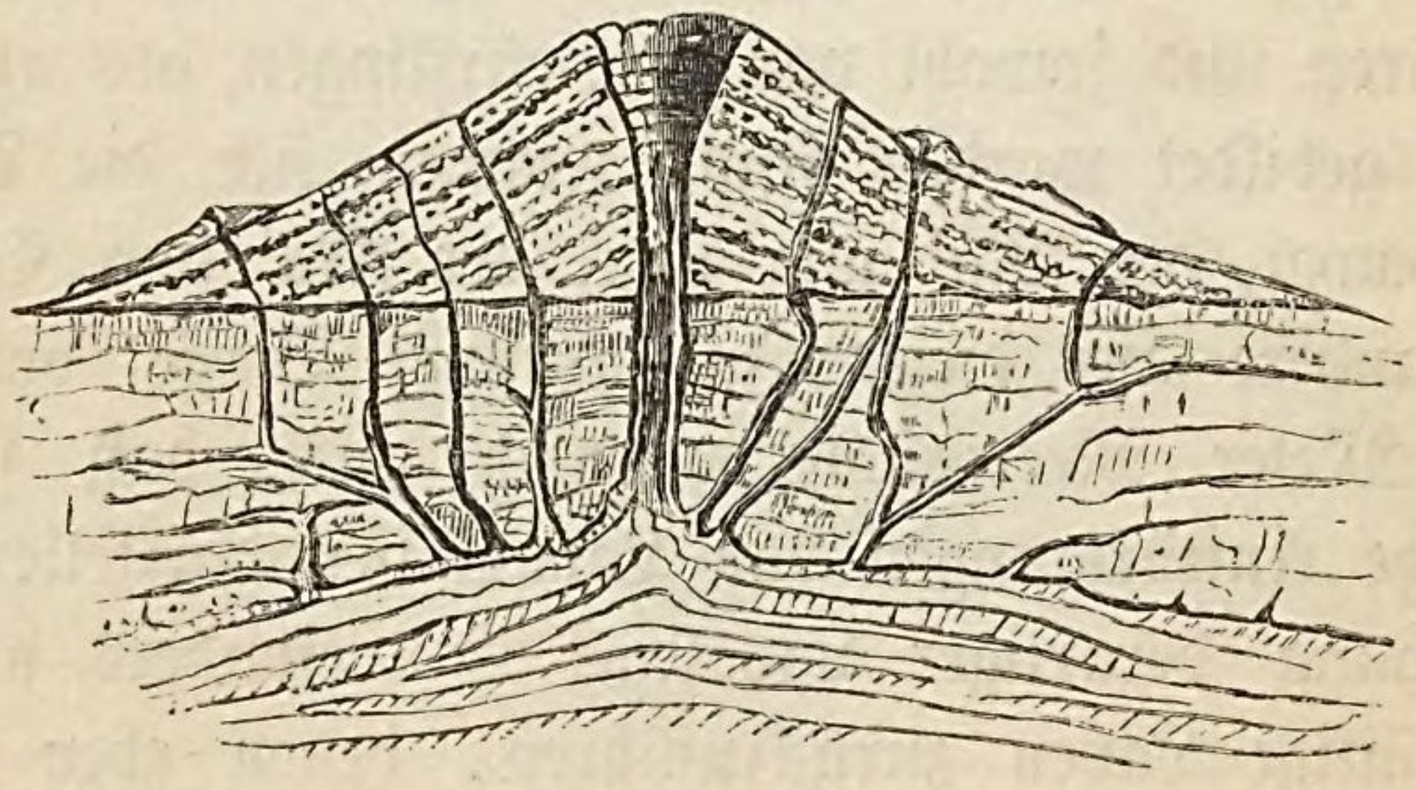


Fig. 8. Idealer Durchschnitt durch einen Stratovulkan mit parasitischen Kegeln.

auch parasitischen Krateren ist der Vulkan Siziliens, der Ätna. Die schon weiter oben genannten Monti rossi sind derartige Gebilde, und wohl die größten der parasitischen Kratere dieses Feuerberges, welcher nach neueren Untersuchungen deren 245 und an 972 Ausbruchsstellen überhaupt besitzen soll. Bei seiner Eruption im Jahre 1705 haben sich am südlichen Fuße des Vesuv nacheinander fünf Kegel gebildet, alle auf einer Linie, die nach oben zu verlängert, den Scheitel des Berges treffen würde. Ebensolches ereignete sich beim denkwürdigen Ausbruch dieses Vulkans im Jahre 1794. Damals warf derselbe acht Lateralkegel auf, und zwar längs einer Spalte von etwa 1 Kilometer Länge. Ihnen entquollen die glutflüssigen Massen, welche das Städtchen Torre del Greco damals vernichteten. Der Fall, daß die einem Feuerberg entströmenden Laven, dessen Kegel an einer oder auch an mehreren Stellen förmlich einreißen, ist auch schon vorgekommen. Viele der Puys im Auvergner Lande, erloschene Vulkane, die wir noch genauer kennen lernen werden, sind ein Beispiel hierfür.

Nicht immer behält ein erst kegelförmiger Vulkan seine ursprüngliche Gestalt bei. Verharrt derselbe nach dem Aufwerfen seines Berges längere Zeit hindurch im Zustande der Ruhe, der Unthätigkeit, so wirken natürlicher Weise die Atmosphärilien zerstörend auf ihn ein, und sein Zerfall wird eingeleitet. Wesentlich wird dieser Vorgang noch dadurch befördert, daß bei vielen Feuerbergen der Ruhezustand kein absoluter ist, sondern daß ihrem Krater beständig Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Chlorwasserstoff und ähnliche gasförmige Sub-

ſtanzen mehr entſtrömen, daß der Vulkan ſich im Stadium der Solfatarenthätigkeit befindet.*) Durch dieſe Gaſe und Dämpfe werden die Wände des Kraters angegriffen; dieſelben bekommen ein zerfreſſenes Ausſehen, ihr Gefüge wird gelockert und ſie ſtürzen teilweiſe ein. Es entſtehen dann Vulkanruinen. Aber auch jede neue Eruptions=thätigkeit des Feuerberges kann den durch die vorher=gegangenen Ausbrüche entſtandenen Kegelbau mehr oder minder zerſtören. Durch die Wucht der explodierenden Gaſe und der hervorquellenden Lavamaſſen wird der Berg in ſeinen Grundfeſten erſchüttert, der alte Krater bricht in ſich ſelbſt zuſammen (Einſturzkrater), oder er wird förmlich in die Luft geſchleudert. Auf ſolche Weiſe wurde der Vulkan Temboro auf Sumatra, deſſen Feuer=ſchein gleich einem Leuchtturm das Meer nachts weit=hinaus beleuchtete, bei ſeinem Ausbruch im Jahre 1815 größtenteils zerſtört. Um 1600 Meter hat er dabei an Höhe verloren, und die niedergefallenen Trümmer ſeines Berges, deren Volumen man auf 1400 Kubikkilometer, ungefähr das dreifache desjenigen vom Mont Blanc ſchätzt, haben die Stadt Temboro unter ſich begraben. 12 000 Menſchen fanden bei dieſem ſchrecklichen Ereignis ihren Tod.

Als im Sommer 1883 der Krakatau in der Sunda=ſtraße nach vielen Jahren der Unthätigkeit plötzlich einen Paroxysmus erlitt, flog ein großer Teil des Berges dabei

---

*) Dieſe Bezeichnung iſt dem Namen eines in dieſem Zu=ſtande befindlichen Kraters in den Campi phlegräi bei Neapel entnommen, der Solfatara, und auf alle ähnlichen Erſcheinungen übertragen worden.

in die Luft. Vorher war die gleichnamige Insel etwa 33,5 Quadratkilometer groß gewesen; ihr Flächeninhalt ist durch den Ausbruch um weit über die Hälfte vermindert worden. Die hierbei erzeugte Luftwelle setzte sich über den ganzen Erdball fort, und die feinen Aschenteilchen sind viele Tausende von Metern hoch in die Atmosphäre hinaufgerissen worden. Allenthalben auf Erden brachten sie jene bekannten Dämmerungserscheinungen hervor, welche im besagten Jahre die Bewohner unseres Planeten so sehr in Aufregung versetzt haben.

Beispiele von der Veränderlichkeit, welcher ein Feuerberg durch erneute Eruptionen bezüglich seiner Höhe unterworfen ist, bieten uns der Vesuv und der Ätna.

Die Meereshöhe des erstgenannten Feuerbergs betrug:

im Jahre	1794	1014	Meter
„ „	1822	1242	„
„ „	1832	1181	„
„ „	1845	1202	„
„ „	1867	1296	„
„ „	1868	1289	„
„ „	1884	1250	„

Die Meereshöhe des Ätna betrug:

im Jahre	1819	3360	Meter
„ „	1834	3302	„
„ „	1880	3313	„

Wird nun, wie soeben geschildert, ein Vulkankegel durch die zerstörenden Einflüsse der atmosphärischen Niederschläge, durch Dampfexhalationen, Explosionen u. s. f., aufgerissen, so erhält sein Inneres die Gestalt eines

größeren oder kleineren Kesselthales, das nach außen hin durch einen /meist schluchtartigen, bald schmäleren, bald breiteren Einriß geöffnet ist. San Miguel de la Palma, eine der kanarischen Inseln, kurzweg auch nur Palma genannt, stellt einen derartig aufgerissenen, ehemaligen Feuerschlund, ein riesiges Kesselthal dar, das den Namen Caldera führt. Der jüngstverstorbene bayerische Reichsarchivdirektor Franz von Löher, welcher im Auftrage König Ludwigs II. vor 18 Jahren die Canaren besuchte und seine Reiseerinnerungen in einem schönen: „Nach den glücklichen Inseln“ betitelten Buche niedergelegt hat, beschreibt die Caldera von Palma wie folgt: „Dieses ungeheure Halbrund ist das größte Prachtstück wildromantischer Landschaft. Auf seinem Grunde drängt sich die Dattelpalme und der Drachenbaum unter die uralten canarischen Fichten, und dieser Boden des Kessels ist durchsetzt von grünen Bergrücken, Felsengewirr, uraltem Gehölz und Schluchtendunkel, voll blinkenden Wassers und stürzender Bäche — umstarrt von einem steinernen Ringwall, der in senkrechter Tiefe ein paar tausend Fuß mißt, dessen Wände in allen Farben leuchten, — überragt von grauen Berghäuptern bis zu sieben- und achttausend Fuß Höhe, — das Ganze umflossen von einer lichtdunkelnden Luft, deren Durchsichtigkeit so groß ist, daß sie wie helle Flut eindringt in jede Furche am Felsenkopf und unter die niedrigen Blätter jeder Pflanze am Boden, alles mit märchenhaftem Schimmer erfüllend.“ Alle Gewässer der Umgebung fließen in der Caldera von Palma zusammen und erhalten ihren Abfluß durch eine tiefe und enge Schlucht, den Barranco de las Angustias. Die Namen

Caldera und Barranco sind in die geologische Wissenschaft als Bezeichnungen für alle derartigen alten eingerissenen Vulkankegel und für die Schluchten, wodurch sie nach außen hin geöffnet sind, aufgenommen worden.

Sehr oft baut sich dann bei späteren Ausbrüchen ein neuer Kegel innerhalb der alten zusammengebrochenen und zerstörten Kraterumwallung auf, oder auch, wie dies allerdings nur seltener vorgekommen zu sein scheint, an irgend einer Stelle von dieser selbst, dann also exzentrisch und nicht konzentrisch, wie im ersteren Falle. Der Vesuv bei Neapel illustriert in typischster Weise die erstgenannte der beiden Modalitäten. Bis zum Jahre 79 nach der Geburt des Herrn ist der Berg als Vulkan nicht bekannt gewesen. Es ist ein Bericht des Berosus, eines Zeitgenossen Alexanders des Großen bis auf uns gekommen, worin von einer Eruption des Vesuv etwa um 1787 vor der Geburt Christi Mitteilung gemacht wird. Allein man betrachtet diese Erzählung wohl mit Recht als Mythe, zumal der genannte Schriftsteller ja erst um 1400 Jahre später, als sie sich ereignet haben soll, gelebt hat. Nichtsdestoweniger aber wurde schon vor dem Jahre 79 die vulkanische Natur des Berges geahnt. Das beweist eine Stelle aus Strabo, der behauptet, der Vesuv sehe genau so aus, als ob er vor Zeiten einmal gebrannt hätte. Bei keinem der alten Autoren finden wir aber ein Wort darüber, daß dieser Berg seine gegenwärtige Gestalt gehabt hätte und zweigipfelig gewesen sei. Um den eigentlichen Vulkan zieht sich ja bekanntlich eine gegen Süden und Westen verschwundene, sonst aber noch wohlerhaltene ältere Kraterumwallung herum, der Monte Somma, der

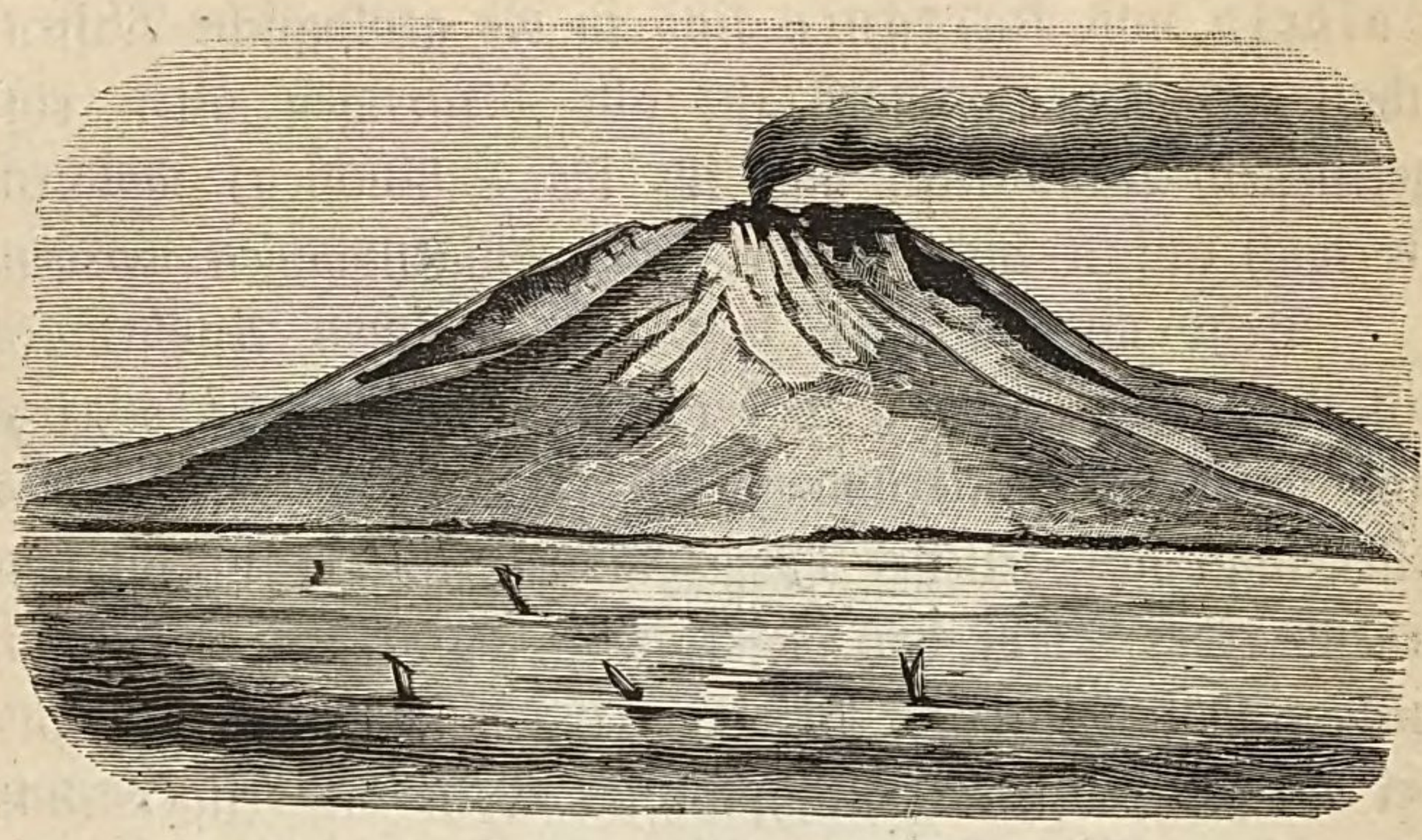


Fig. 9. Ansicht des Vesuv mit der Somma, vom Meere aus gesehen.

Rest des bei dem Ausbruch im Jahre 79 nach Christo zerstörten alten Feuerschlundes, während die ersten Anfänge des heutigen Vulkankegels erst von da ab datieren dürften. So also, wie der Vulkan von Neapel sich zu unserer Zeit darstellt, kann derselbe vor jener ersten historischen Eruption nicht ausgesehen haben. Es ist auch kaum verständlich, daß, wenn dies der Fall gewesen, und der Vesuvkegel schon neben dem Monte Somma bestanden hätte, die betreffenden alten Autoren es unterlassen haben sollten, davon zu sprechen. Der Rand des ehemaligen Kraters war damals fast vollständig und höchstens von einem engen Barranco eingeschnitten, der Krater selbst mag ziemlich eben, der Berg aber bewachsen gewesen sein. Dieser letztere Umstand wird schon von Vergil betont, und der genannte Strabo erzählt, von allen Seiten sei der Berg von schönen Feldern umgeben, nur der Gipfel hätte ein ödes Aussehen. Nach den Auf-

zeichnungen des Plutarch und des Florus jedoch sollen auf der Höhe des Vesuv auch wilde Weinreben in Hülle und Fülle gewuchert haben. Diese soeben geschilderte Beschaffenheit des Berges geht aus den Mitteilungen hervor, welche wir den genannten Geschichtsschreibern des Altertums in betreff des Aufstandes des Spartakus verdanken, jenes berühmten Gladiators, der sich mit seinen Getreuen auf dem Vesuv gegen die Römer verschanzt hatte. „Der römische Prätor Clodius," so schreibt Plutarch, „zog mit einem Heere von 3000 Mann gegen ihn heran und belagerte den Spartakus auf einem Berge (dem Vesuv), der nur einen einzigen und mühsamen Zugang hatte, welchen Clodius bewachte. Sonst war der Berg allenthalben von schroffen und felsigen Abhängen umgeben. Den Gipfel bedeckte wilder Wein, von dessen Ranken die Belagerten soviel abschnitten, als sie zur Verfertigung von Leitern bedurften, lang genug, um den Boden damit zu erreichen. So entgingen sie glücklich aller Gefahr, mit Ausnahme eines Einzigen, welcher die Waffen streckte."

Im Jahre 63 unserer Zeitrechnung verwüstete ein großes Erdbeben die Umgebung Neapels; noch war der dadurch entstandene Schaden nicht völlig beseitigt, als 16 Jahre später, im August 79, jenes furchtbare Ereignis stattfand, welches auch den Untergang der Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä herbeiführte, die erste historisch beglaubigte Eruption des Vesuv, deren Geschichte uns Plinius der Jüngere in zwei seiner bekannten Briefe überliefert hat. Dieselben sind an den römischen Geschichtsschreiber Tacitus gerichtet (der 16. und 20. Brief im 6. Buche) und handeln vom Tode des Naturforschers

Plinius, eines Onkels des Briefschreibers, der bei diesem Anlaß umgekommen ist. Nachdem einige Tage vorher schon gewaltige Erdstöße Schrecken unter die Bevölkerung getragen hatten, stieg plötzlich am 24. August gegen die Mittagszeit eine dichte Rauchwolke aus dem Vulkan auf. „Ihre Gestalt," so lauten des Plinius Worte, „glich einem Baume, am meisten einer Pinie. Denn wie ein langer Stamm erhob sie sich in die Höhe und ergoß sich dann in mehrere Äste, vermutlich, weil sie durch einen starken Windzug emporgetrieben, dann von der sinkenden Kraft desselben verlassen oder gedrückt durch ihre Schwere, sich in die Breite verlor. Bald erschien sie weiß, bald wieder gefleckt (maculosa), je nachdem sie Erde oder Asche mit sich in die Höhe geführt hatte."

Vielfach kommt bei größeren vulkanischen Ausbrüchen eine derartige Rauchsäule zur Ausbildung, welche dann stets nach der Bezeichnung, die Plinius dieser Erscheinung beim ersten Paroxysmus des Vesuv gegeben hat, Pinien=säule genannt wird.

Es würde uns zu weit führen, wenn wir den ferneren Verlauf dieses Ereignisses an der Hand der Plinius'schen Briefe verfolgen und die schreckliche Katastrophe, welche sich dazumal am Vesuv zugetragen hat, im einzelnen schildern wollten. Bemerkenswert und besonders hervor=zuheben ist jedoch der Umstand, daß sich in den erwähnten Schriftstücken des jüngeren Plinius keine Andeutung findet, welche irgendwie auf den Untergang der drei schon ge=nannten römischen Provinzialstädte Bezug hätte. Aber dennoch kann es kaum zweifelhaft sein, daß dieselben und mit ihnen noch einige andere in der Nähe des Vesuv

belegenen Ortschaften gerade damals zu Grunde gerichtet wurden. Denn Plinius sagt ausdrücklich, alle die von ihm geschilderten Vorkommnisse beim Ausbruch des Vulkans hätte er nur deshalb aufgeführt, um den berühmten Biographen seines Oheims mit allen dessen Tod begleitenden Einzelheiten bekannt zu machen. Eine vollständige Beschreibung der Vesuveruption selbst hat er niemals zu geben beabsichtigt. Übrigens weisen auch fast sämtliche in Pompeji und in Herculanum ausgegrabenen Gegenstände auf die Zeit des Titus hin, der damals das römische Kaiserreich regierte, und wir finden ferner bei manchen zeitgenössischen Autoren, so bei Martial und Sueton Andeutungen, die sich auf die Vernichtung der erwähnten Städte beziehen. Dann teilt Plutarch mit, der allerdings ein Jahrhundert später gelebt hat, daß Flammen aus dem Berge aufgestiegen, Steine ausgeschleudert und Städte begraben worden seien, von welchen keine Spur mehr vorhanden. Gar bald scheint sich aber auch der Mythus der Sache bemächtigt zu haben, denn Dio Cassius führt an, ein dem Brüllen wilder Tiere ähnliches Getöse hätte Furcht und Schrecken bei den Umwohnern heraufbeschworen, und während des Ausbruchs seien viele Männer von übermenschlicher Größe auf dem Berge gesehen worden. Durch denselben Schriftsteller erfahren wir noch, daß bei Anlaß der Vesuveruption zwei Städte, Pompeji und Herculanum, unter den vom Vulkan ausgespieenen Aschenmassen begraben worden seien, während deren Bewohner gerade bei einer Aufführung in den Theatern versammelt waren.

Seit jenen Augusttagen des Jahres 79 waren mehr

als anderthalb Jahrtausende den Strom der Zeit hinabgelaufen, als beim Graben eines Brunnenschachtes Anno 1719 die Stadt Herculanum wieder entdeckt worden ist. Die Funde antiker Statuen und Erzgeräte, welche ein Bauer der Umgebung gemacht hatte, führten dann 29 Jahre später zur Wiederauffindung von Pompeji. Ob die erstere der beiden römischen Städte jemals wieder in größerem Umfange freigelegt werden kann, das ist sehr zweifelhaft, denn auf dem vulkanischen Schutt, der sie umschließt und an verschiedenen Stellen bis 30 Meter Mächtigkeit zeigt, stehen heute Portici und Resina. Anders Pompeji! Kaum die Hälfte seines ehemaligen Weichbildes ist zwar bisher dem Grabe entstiegen, unaufhörlich aber und rastlos arbeiten Spaten und Hacke an der Freilegung dieser Stadt. Nicht mehr allzufern dürfte deshalb die Zeit sein, wo das alte Pompeji in seiner Gesamtheit dem Blick des Beschauers sich darbieten wird. Noch ist das große Interesse, womit die ganze wissenschaftliche Welt jene Ausgrabungen begleitet, nicht erkaltet, noch nimmt die Teilnahme daran täglich zu, die schon vor einem Jahrhundert Schiller zu den Versen begeistert hat:

Welches Wunder begiebt sich? Wir flehen um trinkbare Quellen
Erde dich an, und was sendet dein Schoß uns herauf?
Lebt es im Abgrund auch? Wohnt unter Lava verborgen
Noch ein neues Geschlecht? Kehrt das entflohne zurück?
Griechen, Römer, o kommt! O seht, das alte Pompeji
Findet sich wieder, aufs neu bauet sich Herkules' Stadt!

Staunend stehen wir heut vor diesen Denkmalen einer entschwundenen Zeit, und als wie ein Traum will es uns bedünken, wenn wir Pompejis Straßen durch-

wandern. Freilich, öde und leer sind seine Häuser; das Volk, das sie gebaut und bewohnt hat, ist längst nicht mehr, aber mächtig faßt es uns an beim Betrachten seiner Werke, und Bewunderung ergreift uns vor der Größe seines Geistes, der heute noch gar gewaltig durch die gebildete Welt weht. Ist doch die Sprache der Römer diejenige der Wissenschaft, und ihre Rechtsanschauung grundlegend geworden für die aller gesitteten Nationen!

Wie wir schon weiter oben betonten, wurde bei diesem Paroxysmus des Vulkans sicherlich das Fundament eines neuen Kegels, des heutigen eigentlichen Vesuv aufgeschüttet, wohl erst nur als ein verhältnismäßig niedriger Berg, der aber dann im Verlaufe der in den folgenden Jahrhunderten stattgehabten Ausbrüche allmählig zu ganz beträchtlicher Höhe herangewachsen ist. Der übrig gebliebene Rest des früheren Vulkans ist, wie ebenfalls schon gesagt wurde, der Monte Somma. Zwischen diesem und dem jetzigen Kegel befindet sich ein tiefes Thal, das Atrio del Cavallo, so genannt nach den Maultieren und Pferden, welche die berittenen Besucher des Feuerberges hier zurücklassen müssen. Ebenso wie die Namen Caldera und Barranco auf alle ihnen ähnlichen Vorkommnisse der Erde als geologische Bezeichnungen angewandt werden, so sind auch die Worte Somma und Atrio in gleichem Sinne in die Wissenschaft mit aufgenommen worden. So redet man z. B. von der Somma des Vulkans von Fogo auf den Capverden, von seinem Atrio u. s. w.

Noch viele Ausbrüche hat die Geschichte des Vesuv seit jener ersten Eruption im Jahre 79 zu verzeichnen,

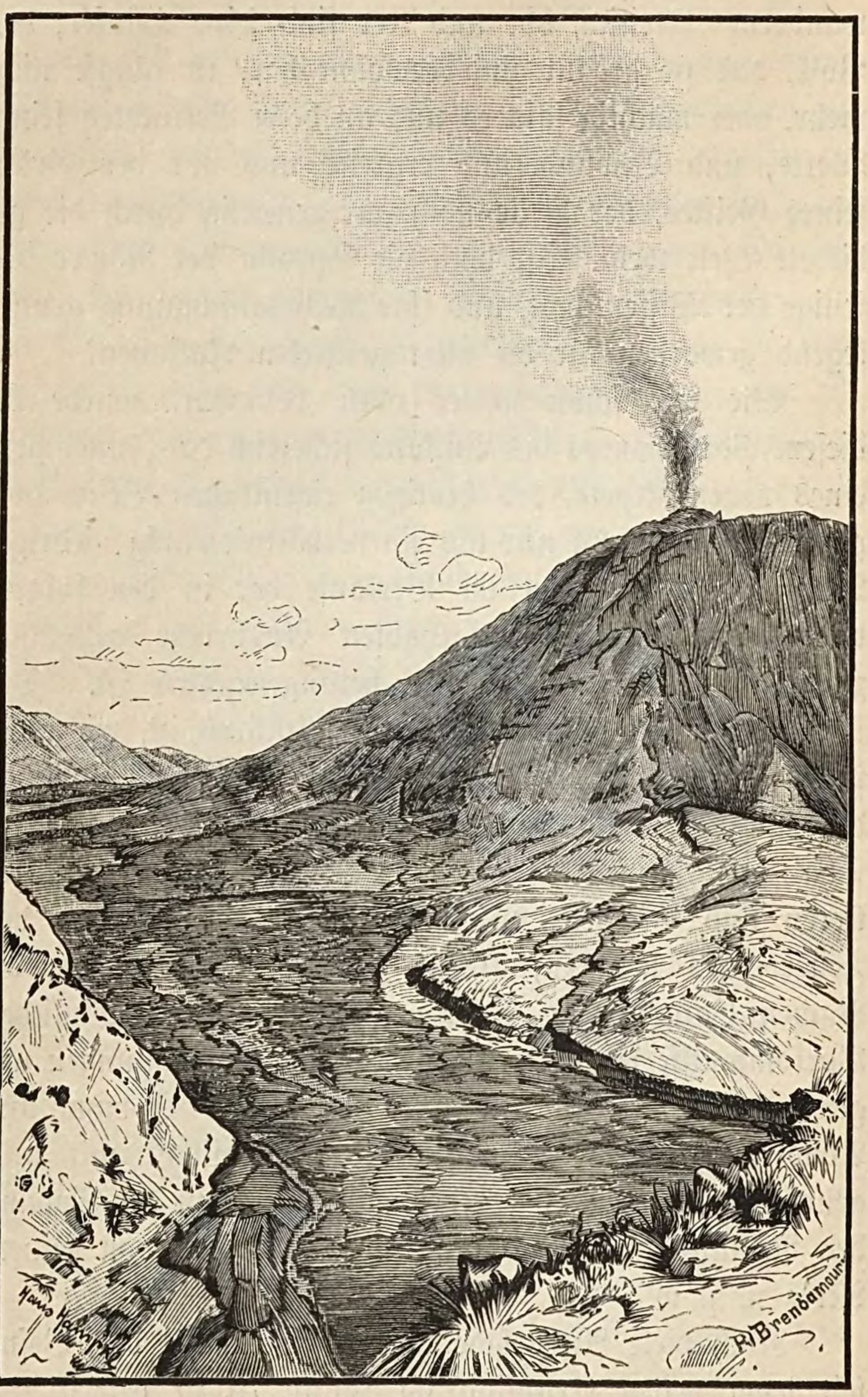


Fig. 10. Vesuv. Blick ins Atrio del Cavallo. Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.

darunter solche von gewaltigen Wirkungen. Mannigfach waren die Gestaltungen, welche sein Kegel im Wandel der Zeiten erlebt hat. Gegen das Jahr 1631 war derselbe nach 130jähriger Ruhepause sogar wieder etwas bewachsen. Jedenfalls bedeckten damals Eichen, Eschen und andere Waldbäume die innere Fläche seines Kraters, in dessen Mitte ein kleiner kreisförmiger See entstanden war. Der Feuerberg selbst besaß zu jener Zeit, wie uns ein Augenzeuge, Braccini, überliefert hat, an sechs italienische Meilen Umfang. Wer sich für diesen bestgekannten aller Vulkane unserer Erde näher interessiert, dem sei das lehrreiche Werk von J. Roth: „Der Vesuv und die Umgebung von Neapel“ aufs angelegentlichste empfohlen; dasselbe enthält eine umfassende Darstellung aller Peripetien, welche seit nunmehr 1800 Jahren über diesen Feuerberg dahingegangen sind.

Bietet uns der Vesuv ein gutes Beispiel für einen in seiner zerstörten älteren Kraterumwallung konzentrisch neu aufgebauten Kegel, so kann uns der Ätna als ein solches für einen exzentrisch gebildeten Vulkan dienen. Die ungeheure Thalschlucht, welche einem gewaltigen, hufeisenartig gestalteten, gegen Osten geöffneten Theater gleich sich in den an 3000 Meter hohen ätnaischen Hauptkegel einsenkt, das Val di Bove, in geologischer Beziehung eine der merkwürdigsten Gegenden der Erde, etwa 8 Kilometer lang und $5^1/_2$ Kilometer breit, wohl an $^3/_4$ Quadratmeilen Oberfläche einnehmend, liegt an derjenigen Stelle, woselbst der ehemalige Feuerberg sich erhob. Derselbe ist in vorhistorischen Zeiten durch einen Paroxysmus zerstört worden, und so entstand das Val

di Bove. Auf dem nordwestlichen Teil des alten Kraterwalles hat sich der Vulkan dann den neuen Hauptkegel, den gegenwärtigen und schon seit geschichtlichen Zeiten vorhandenen aufgeschüttet, der allerdings wieder aus zwei Teilen besteht, nämlich aus einem älteren Teil, der bei der großen Eruption von 1669 zu Grunde ging und bei diesem Anlaß seinen heutigen Umfang erhielt, und aus dem seit jener Zeit entstandenen großen Tuffkegel.

Nicht minder verschieden als die Höhe der Vulkane ist auch das Größenverhältnis ihrer Kratere. Der elliptisch geformte Gipfelkrater des Ma'una Loa auf den Sandwich-Inseln, der Mokua-Weo-Weo ist etwa 5000 Meter lang und 2700 Meter breit, und der seitliche, etwa 1200 Meter über dem Meere belegene Feuerschlund dieses Berges, der berühmte Kilauea hat 12 Kilometer Umfang bei einem größten Durchmesser von 4900 Meter! Eine Großstadt wie New-York würde mit ihrem gewaltigen Häusermeere leicht Platz darin finden, und der Krater ist so tief, daß man derselben mit allen ihren Türmen und Monumenten auf seinem Grunde kaum gewahr würde. Die Reisenden, die es gewagt haben, bis an den Rand dieses fürchterlichen Abgrunds vorzudringen, nahmen bei Tag einen starken Feuerschein darin wahr, der die zerfressenen Felsen der Kraterumwandung grell beleuchtete. Des Nachts aber wird nach ihren Aussagen der Anblick ein wahrhaft zauberischer. Die in höchster Glühhitze befindliche Lava erhellt den Krater in seinem ganzen Umfang, und vom Wiederschein dieses ungeheuren Feuersees erstrahlt der Himmel in solcher Glut, daß man glauben könnte, er stehe in Flammen. Der Durchmesser des Feuerschlundes auf dem

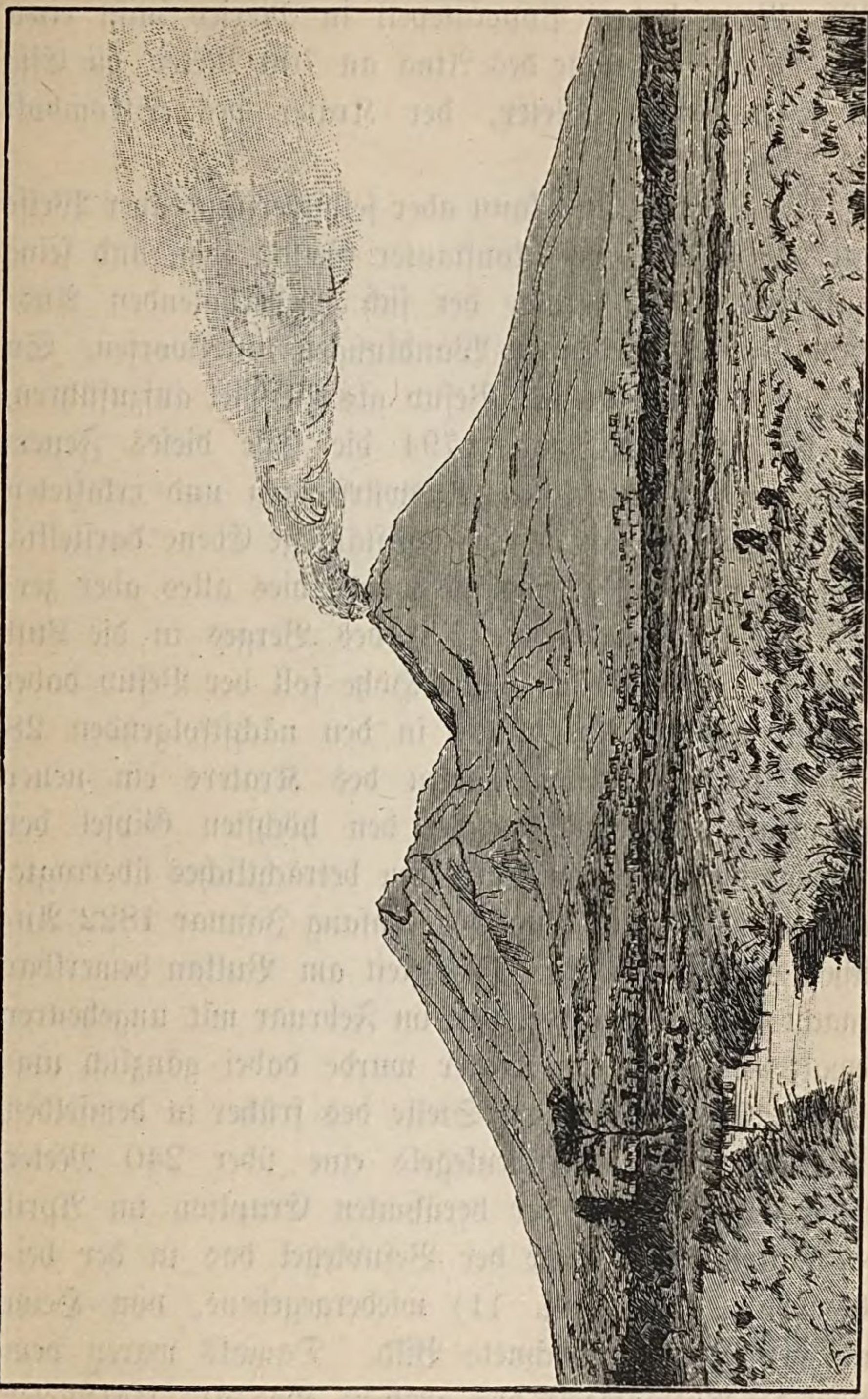


Fig. 11. Vesuvkegel vor der Eruption von 1872. Nach A. Heim.

5399 Meter hohen Popocatepetl in Mexico mißt etwa 1700 Meter, derjenige des Ätna an 700 Meter, die Esse des Vesuv 620 Meter, der Krater des Stromboli 670 Meter.

Ein Vulkankrater kann aber selbstverständlicher Weise auch kein Gebilde von konstanter Gestalt sein, und seine Konfiguration ist infolge der sich wiederholenden Ausbrüche den verschiedensten Wandlungen unterworfen. So war, um hier wieder den Vesuv als Beispiel aufzuführen, vor der Eruption von 1794 die Esse dieses Feuerberges so sehr mit losen Auswürflingen und erkalteten Laven angefüllt, daß sie eine vollständige Ebene darstellte. Beim genannten Paroxysmus wurde dies alles aber zerstört und der ganze obere Teil des Berges in die Luft gesprengt. Ein Viertel seiner Höhe soll der Vesuv dabei verloren haben. Aber schon in den nächstfolgenden 28 Jahren hatte sich im Innern des Kraters ein neuer Aschenkegel aufgebaut, welcher den höchsten Gipfel der Somma, die Punta di Palo, um beträchtliches überragte. Nachdem jedoch sich schon seit Anfang Januar 1822 Anzeichen einer verstärkten Thätigkeit am Vulkan bemerkbar gemacht hatten, brach derselbe im Februar mit ungeheurer Gewalt aus, und der Krater wurde dabei gänzlich umgestaltet. Es entstand an Stelle des früher in demselben befindlichen kleinen Aschenkegels eine über 240 Meter tiefe Höhlung. Vor der berühmten Eruption im April des Jahres 1872 zeigte der Vesuvkegel das in der beifolgenden Skizze (Fig. 11) wiedergegebene, von Heim nach der Natur gezeichnete Bild. Damals waren dem Gipfel des Vulkankegels drei größere, etwa 50—100 Meter

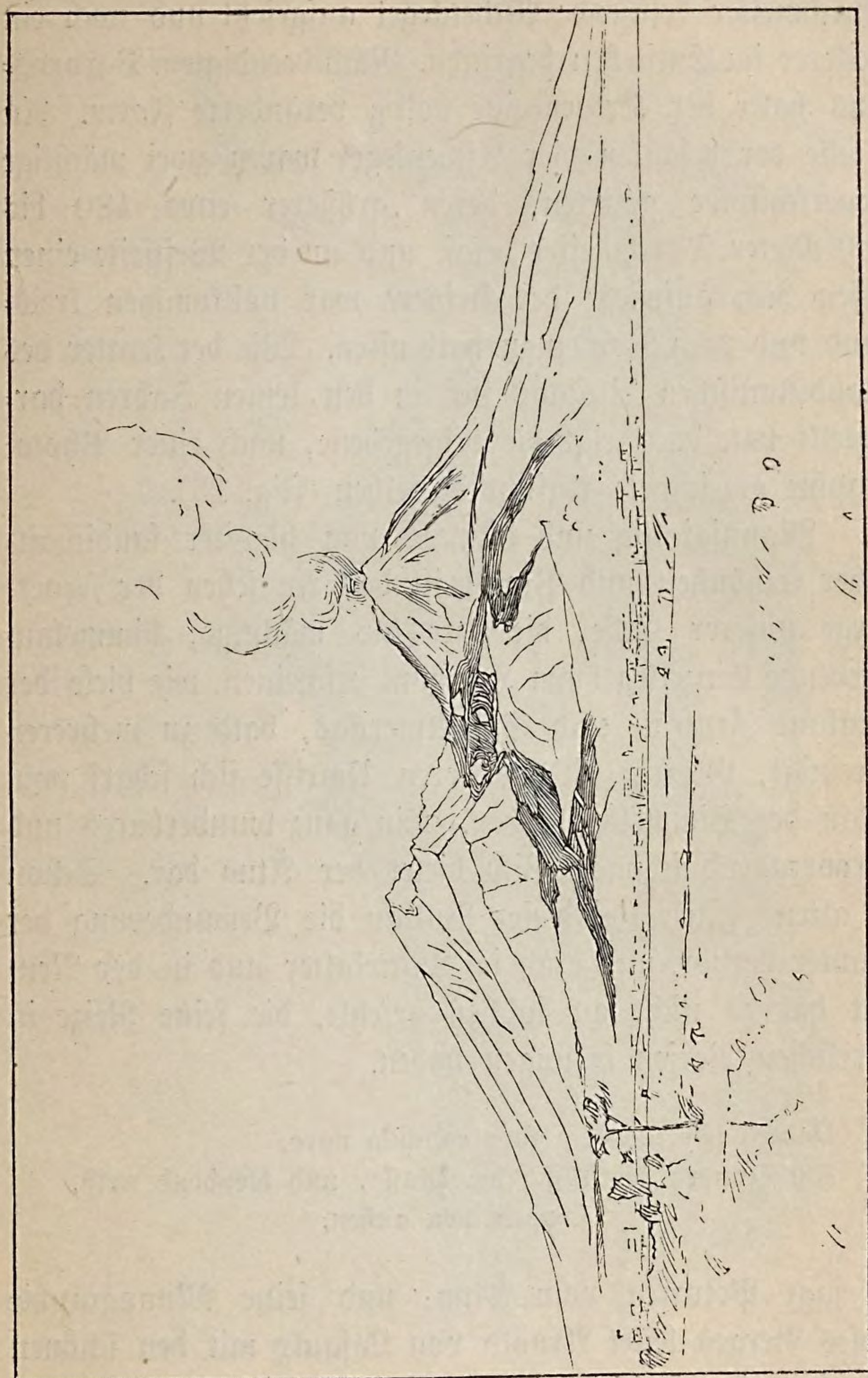


Fig. 12. Vesuvkegel nach der Eruption von 1872. Nach A. Heim.

Durchmesser besitzende Aschenkegel aufgesetzt und noch ein weiterer im Entstehen begriffen. Nach beendigtem Paroxysmus hatte der Krater eine völlig veränderte Form. An Stelle der besagten vier Aschenkegel waren zwei mächtige Feuerschlünde getreten, deren größerer etwa 180 bis 200 Meter Durchmesser besaß und an der Westseite einen tiefen Riß aufwies; der kleinere war vollkommen kreisrund und nach Norden zu halb offen. Wie der Krater des neapolitanischen Vulkans sich in den letzten Jahren dargestellt hat, das zeigt die beigegebene, nach einer Photographie gezeichnete Ansicht desselben (Fig. 13).

Mannigfaltig und oftmals von höchster landschaftlicher Schönheit und Pracht ist das Aussehen der Feuerberge unserer Erde, die bald als mächtige, himmelanstrebende Einzelkegel am Horizont erscheinen, wie viele der Vulkane Zentral- und Süd-Amerikas, bald zu mehreren vereinigt, Gebirge bilden, deren Umrisse sich scharf vom Blau des Himmels abheben. Ein ganz wunderbares und hervorragend schönes Bild bietet der Ätna dar. Schon in alten Zeiten rief dieser Vulkan die Bewunderung der Dichter hervor, und auch im Mittelalter und in der Neuzeit hat es nicht an solchen gefehlt, die seine Reize in herrlichen Versen besungen haben.

Dentro pur fuoco, e fuor candida neve,
Im Innern glutflüssig die Masse, und blendend weiß,
schneeig von außen,

so sagt Petrarca vom Ätna, und seine Monographie dieses Berges leitet Arnold von Lasaulx mit den schönen Worten ein, welche wir hier folgen lassen wollen:

Fig. 13. Der Krater des Vesuv im Jahre 1888. Nach einer Photographie von Sommer in Neapel.

„An der Ostküste von Sizilien hebt sich der Ätna, der größte europäische Vulkan, aus dem Meere hervor, erst flach, dann steiler ansteigend, hoch über die Schichten der Wolken bis in die Region des ewigen Schnees. Sein Krater, der in den Gipfel eines schroffen Lavakegels sich einsenkt, ist einer jener seit Menschengedenken thätigen Feuerschlünde unseres Erdkörpers, dessen verborgene Kräfte mit unterirdischem Rollen und Donnern den Boden erschüttern. Weiße Wasserdämpfe und dunkle, von Blitzen durchzuckte Rauch- und Aschenwolken, in der Gestalt eines gigantischen Pinienbaumes, drängen sich aus dem Krater hervor, woraus in langen Streifen ein feiner schwarzer Sand über die Insel und das Meer herabregnet. In magischer Beleuchtung erscheint das trübe Bild der geröteten Sonne durch den fortgewälzten Dampf, und Dämmerung überzieht die großartige Landschaft. Bei dem Einbruch der Nacht schlägt eine helle Lohe aus dem Krater empor, und glutgefärbte Steine und geschmolzene, in weitem Bogen geschleuderte Felsstücke fallen, wie schon Pindar erwähnt, in das blaue Meer, andere stürzen mit dumpfem Krachen in den tief geöffneten Schlund des Vulkans zurück. Bald wälzt sich ein Strom glühender Lava über die Abhänge des Berges, der auf seinem Laufe vor sich die Wälder in Brand setzt, die Werke der Menschen und ihre Städte begräbt. So war es vor Jahrtausenden, zur Zeit der Sikaner, welche vor den Ausbrüchen des Ätna flohen, um neue Wohnsitze in Trinakrien aufzusuchen, so geschah es noch in den letztverflossenen Jahren, indem ein solcher Glutstrom über die steilen östlichen Abhänge

von der vierfachen Breite des Rheins in das Thal hinabstürzte.

Nach den Zeiten solcher gewaltsamer Bewegung folgen Jahre der Ruhe, während welcher der Ätna wie im tiefsten Schlafe zu liegen scheint. Nur hin und wieder bemerkt dann der aufmerksame Beobachter um seinen Gipfel einen leichten Dampf, der sich bald in die Bläue des Himmels auflöst und verschwindet."

„Das ist," so fährt der Genannte an einer andern Stelle seines Buches fort, „der merkwürdige und groß-artige Berg, der wie eine blaue, luftige, schneegekrönte Pyramide über Trinakrien sich erhebt, über jenes hoch-gesegnete Land, welches alle Zauber der Natur in sich vereinigt und, nachdem es schwere Kämpfe überstanden, eines besseren Schicksals würdig wäre: es ist das Land, auf dem neben Hellas griechische Kultur tiefe Wurzeln ge-schlagen, auf dem Künste und Wissenschaften vor Jahr-tausenden zur Blüte gelangt sind. Im Scheine des Abendrotes ruhen jetzt seine gesunkenen Städte und jene Säulenhallen gestürzter Tempel, die sich im Meere be-schauen. Ernst geht der Geist der Vergangenheit auf diesem heiligen Boden an uns vorüber, und jene zurück-gebliebenen Wahrzeichen verkünden, daß hier ein großes, ein begeistertes Volk seine Laufbahn geschlossen hat; nur der Ätna steht still und unbeweglich auf der schweigenden Flur, er rollt noch heute wie einst seine Rauchwolke über die Länder und Meere

Monstrum auditu mirabile

und zeigt in seiner leuchtenden Flammenglut die un-wandelbaren Gesetze der Natur."

Den Anblick eines jener berühmten riesigen Vulkankegel Amerikas, deren Schönheit und scheinbare Regelmäßigkeit schon Alexander von Humboldt mit Bewunderung erfüllte, des Cotopaxi, schildert uns ein deutscher Geologe, welcher sich viele Jahre in seiner Umgebung aufhielt, der frühere Jesuitenpater von Maria Laach, Dr. Th. Wolf, folgendermaßen: „Der Cotopaxi, der zweithöchste Berg Ecuadors und nur 367 Meter niedriger als der Chimborazo, ist zugleich der höchste thätige Vulkan der Erde. Auch in landschaftlicher Beziehung behauptet er eine sehr bevorzugte Stellung unter den Riesenvulkanen Ecuadors, indem er sich zwischen dem Sincholagua (NO) und dem Quilindania (SO) bis an den westlichen Rand der breiten Ostkordillere vordrängend, fast unmittelbar aus der Ebene von Latacunga zu erheben scheint und ein wundervoll erhabenes Schauspiel darbietet. Ihm gegenüber stehen, ähnlich aus der Westkordillere vorspringend, die imposanten Schneepyramiden des Iliniza; aber der bedeutende Krater des Ruminahui an seiner nordwestlichen Seite, dessen Ränder 4700 Meter hoch bis zur Schneegrenze reichen, wird durch den Cotopaxi so zu sagen in den Schatten gestellt und trägt nur dazu bei, die kolossalen Dimensionen dieses Vulkans recht hervortreten zu lassen. Aus der Entfernung einiger Meilen erscheint er, besonders im blendend weißen Mantel nach starkem Schneefall, als ein sehr regelmäßiger, oben etwas schief abgestutzter Kegel. Aber diese Regelmäßigkeit verschwindet, sobald man sich seinen steilen Gehängen nähert und noch mehr, wenn man an denselben hinauf zu klettern versucht. Was sich in der Ferne als dunklere Linien, schwarze Flecken und

unbedeutende Unebenheiten darstellte, ergiebt sich nun als tiefe Schluchten, zackige Felskämme, jähe Abstürze; man glaubt dann nicht mehr einen einzelnen Berg, sondern ein ganzes Gebirge mit trennenden Thälern und hohen Bergrücken vor sich zu haben."

Drittes Kapitel.

Die Feuerberge oder Vulkane.

(Fortsetzung.)

Die Ausbruchsthätigkeit. Die Vorboten und der Anfang derselben. Die Explosionen und die Aschenausbrüche. Die vulkanischen Gewitter. Das Hervorbrechen von Flammen. Die Lavaergüsse. Seiteneruptionen und Gipfeleruptionen. Die Beweglichkeit der Lavaströme und ihre Temperaturverhältnisse. Ihr Erstarren. Schlackenschornsteine. Sciaras, Malpays und Cheires. Verschiedene Ausbildungsformen an der Oberfläche der Laven, Fladenlava, Schollenlava u. s. f. Größe und Umfang der Lavaströme. Lavagrotten. Was ist Lava? Die Zusammensetzung der Laven. Sauere Laven und basische Laven. Das Gefüge der Laven. Krystallregen. Krystallisationsvorgänge in den Laven. Dampfexhalationen. Fumarolen und ihre Thätigkeit im Raum und in der Zeit. Niemals ruhende Vulkane. Der Stromboli und der Sangay. Die Solfatarenthätigkeit. Volcano und seine Erzeugnisse. Mofetten. Die Hundsgrotte bei Puzzuoli. Schluß.

„Der großartige Anblick eines thätigen Vulkans," so sagt Otto Ule in seiner Bearbeitung des Werkes von Elisée Reclus über die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche, „ist nur wenigen Menschen vergönnt. Und

doch kann einen vollen Begriff von der schrecklichen Pracht eines derartigen Naturereignisses nur derjenige bekommen, der es selbst mit eigenen Augen gesehen hat. Aus den Schilderungen jener wenigen Glücklichen müssen die übrigen sich das Bild zu entwerfen suchen, das ein feuerspeiender Berg gewährt. Wie weit aber oft ein solches Phantasiegemälde hinter der Wahrheit zurückstehen wird, das muß einem jeden die eigene Erfahrung sagen können. Wann deckt sich wohl überhaupt Vorstellung und Wirklichkeit? Selbst die besten Schilderungen vermögen doch nicht alles in den naturgetreuen Farben wiederzugeben, zumal wenn es sich um vorübergehende Erscheinungen handelt, bei denen neben dem schnellen Wechsel des Lichtes noch betäubende Schallerregungen der Luft und beängstigende Erzitterungen des Bodens auf den Beobachter einwirken."

Wir müssen uns also begnügen, die einzelnen Vorgänge, welche bei einem derartigen Paroxysmus sich geltend machen, genauer zu betrachten. Wir wollen aber zugleich wenigstens den Versuch anstellen, durch Berichte solcher Eruptionen ein zusammenhängendes Bild davon zu geben, so wahrheitsgetreu, als dies eben möglich ist.

In denjenigen Gegenden der Erde, welche des öfteren von vulkanischen Ausbrüchen heimgesucht werden, dienen gewisse Erscheinungen den Bewohnern als Anzeichen für eine bevorstehende Wiederholung dieses Phänomens. Dazu gehören in erster Linie das nur teilweise oder auch vollständig erfolgende Versiegen der Quellen, der unerwartet eintretende Wassermangel in den Brunnen, oder auch das Trübwerden des Wassers in denselben, ferner auffallend unruhiges Gebaren der Haus-

tiere. Das erschreckte Vieh springt plötzlich in seinen Ställen vom Lager auf, die Hunde fangen an, jämmerliche Laute von sich zu geben oder lange und anhaltend zu bellen. Das ist vielfach beobachtet worden. Bald darauf machen sich Erdstöße geltend, gelindere oder heftigere Erdbeben erschüttern die Umgebung des Feuerberges, der Vulkan selbst scheint, um mit Poulett-Scrope zu reden, von inneren Wehen ergriffen zu sein, die dem Gebären eines Tieres vergleichbar sind. Gewaltige unterirdische Getöse, ähnlich wie Schüsse aus schwerem Geschütz oder wie das Rollen von Gewehrfeuer verbreiten Schrecken und Angst. Dieser aus den Tiefen heraufdringende Lärm pflanzt sich oftmals viele hunderte von Kilometern weit fort; auf ungeheure Entfernungen hin wird derselbe vernommen, und es dürfte wohl heute außer allem Zweifel sein, daß es die Bodenschichten selbst sind, welche den Schall weiterverbreiten. So hat man beim Ausbruch des Cotopaxi im Jahre 1877 das Getöse, einem Donnerrollen vergleichbar, und, wie es schien, aus großer Tiefe stammend, weniger gut am Fuße des Berges selbst gehört, als an etwa 350 Kilometer vom Vulkan entfernten Orten wie Guayaquil oder Quito. Das Brüllen und Getöse des Coseguina in Nicaragua konnte bei dessen zu Anfang des Jahres 1835 erfolgtem Ausbruch noch auf der Hochebene von Bogota vernommen werden, also in einer Entfernung, die so groß ist, wie etwa diejenige von Hamburg bis zum Ätna. Man denke sich!

Der Zustand der Atmosphäre, so wird behauptet, soll auch vielfach als Vorbote eines vulkanischen Paroxysmus gelten können. Die Luft soll eine ungewöhnliche

Dichtigkeit aufweisen und bei Menschen und Tieren das Gefühl eines lästigen und schweren Druckes erzeugen. „Diese drohenden Anzeichen einer nahenden Krisis," sagt der weiter oben genannte englische Forscher Scrope, „dauern längere oder kürzere Zeit, währenddeß sich wahrscheinlich die Lava ihren Weg nach oben wie ein Keil durch eine oder mehrere Spalten hindurchzwingt. Hat sie nun endlich eine Verbindung mit der Außenwelt hergestellt, so beginnt die Eruption gewöhnlich mit einem furchtbaren Krach, der den Berg bis in seine Grundfesten hinein zu erschüttern scheint. Explosionen gasförmiger Massen, deren jede eine laute Detonation hervorbringt, und die an Heftigkeit wachsen, folgen einander mit großer Schnelligkeit von der Eruptionsmündung, meistenteils vom Centralkrater des Berges aus." Gleichzeitig steigen Wolken heißen Wasserdampfes mit in die Höhe, förmlich erfüllt von Aschen, Lapilli und Bomben, die — wir sahen das schon auf Seite 51 — von den Gasen mitgerissen wurden. Es bildet sich eine bis viele tausende von Meter hohe Piniensäule, welche auf dem Kraterrande steht und „aus der Entfernung gesehen, aus einer Masse zahlloser kugelförmiger Wolken von äußerster Weiße zu bestehen scheint, die ungeheuren Baumwollballen gleichen, welche im Aufsteigen übereinander rollen, getrieben vom Drucke des frischen Nachschubs, welcher durch die fortgesetzten Explosionen unaufhörlich aufwärts drängt. In bestimmter Höhe breitet sich diese Säule horizontal aus, und, wenn sie nicht durch Luftströmungen nach irgend einer Seite hingetrieben wird, so lagert sie sich rings als eine dunkle, dicke, kreisrunde Wolke. Bei besonders günstigem

Zustande der Atmosphäre hat die Wolke mit der sie tragenden Säule die Gestalt eines ungeheuren Schirmes oder einer Pinie, mit welcher sie der jüngere Plinius bei der Eruption des Vesuv im Jahre 79 verglich, und welche im Oktober 1822 genau ebenso wieder erschien.

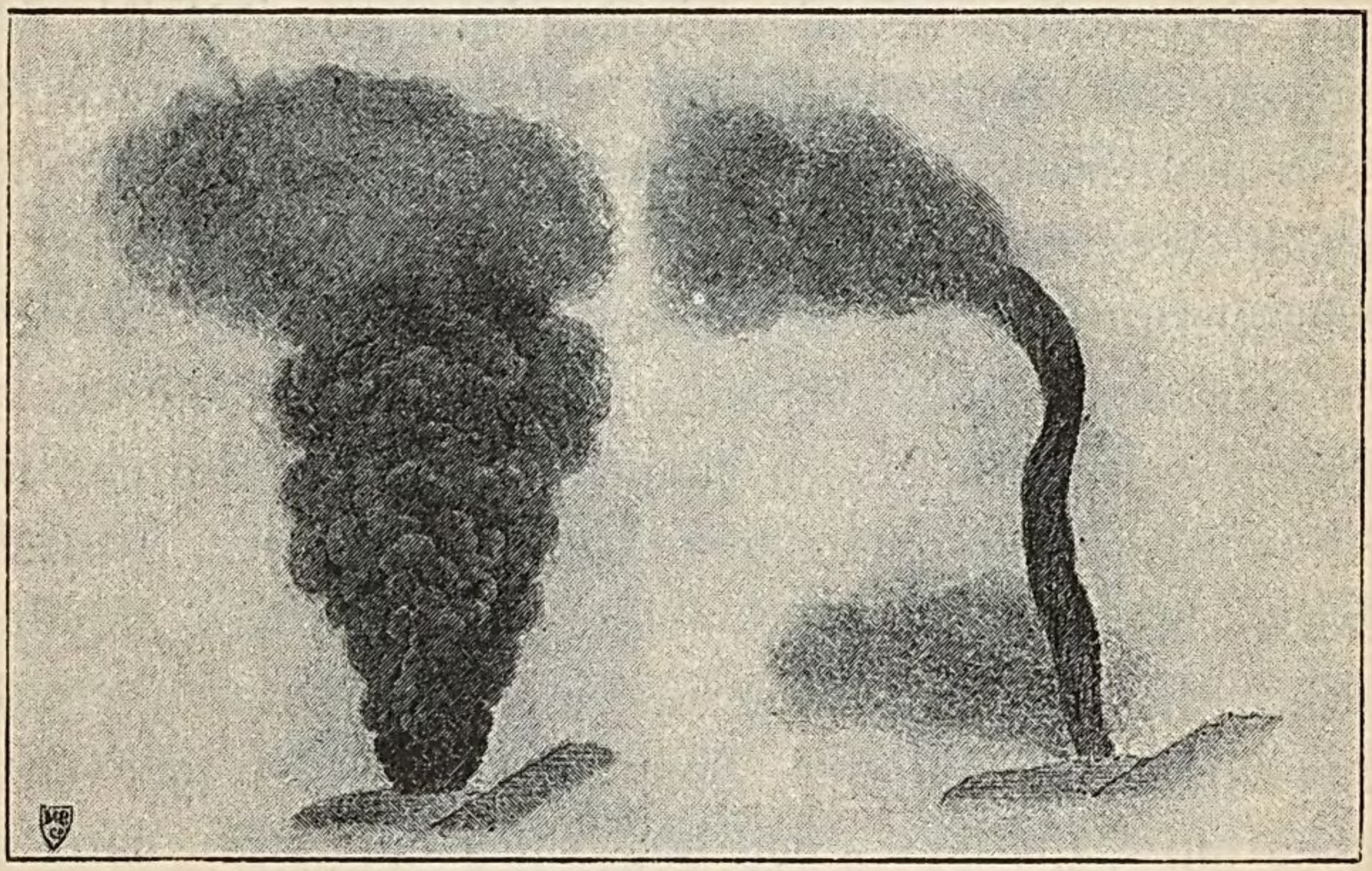


Fig. 14. Eruptionserscheinungen am Georgios am 8. April 1866. Nach Seebach. Links eine aus kugelförmigen Wolken gebildete Aschensäule, rechts eine förmliche Aschentrombe.

Den stärksten Gegensatz zu dieser Säule von weißen Dampfballen bildet ein dauernder Strahl aus schwarzer Asche, Schlacken und Bomben, aus welchem die größeren und schwereren Stücke sichtlich zurückfallen, nachdem sie eine parabolische Bahn beschrieben haben. Dieser Strahl aus festen Bruchstücken erreicht oft eine Höhe von mehreren tausend Fuß, während die Dampfsäule noch höher aufsteigt. Zackige Blitze von großer Lebhaftigkeit und Schönheit fahren beständig aus verschiedenen Teilen der Wolke

hervor, hauptsächlich an dem Rande derselben. Das beständige Anwachsen der darüber hängenden Wolke verdeckt bald dem darunter gelegenen Landstrich das Tageslicht, und das allmähliche Herabfallen des Sandes und der Asche verdüstert die Atmosphäre immer mehr und steigert die Bestürzung der Bewohner des betreffenden Landes." Soweit Poulett-Scrope.

Zur Zeit der Völkerwanderung, im Jahre 512 trat der Vesuv in eine gewaltige Phase vulkanischer Thätigkeit, in die dritte, von der wir wissen. Dabei wurden ungeheure Mengen des ausgeschleuderten Aschenmaterials weit hinweggeführt und sollen sogar noch in Konstantinopel niedergefallen sein. An 3000 Meter in die Lüfte erhob sich die Piniensäule desselben Vulkans bei seinem Ausbruch im Jahr 1822, 8 bis 10 000 Meter hoch stieg sie am 26. Juni 1877 aus dem Feuerschlund des Cotopaxi auf, bis zu 11 Kilometer Höhe aus der Esse des Krakatau im Sommer 1883. Die so in die Höhe gewirbelten Materialien entstammen oftmals auch dem Mantel des Vulkans selbst und sind nicht immer einzig und allein nur auf die zerkleinerten Teile des Magmas zurückzuführen, welche die Wucht der die glutflüssigen Laven durchbrechenden Gase mit fortgerissen hat. Wir sahen ja, daß bei manchen vulkanischen Ausbrüchen ein Teil des Berges in die Luft geblasen wird.

Die allerbedeutendste Menge von Aschen und anderen losen Massen scheint der ebenfalls schon auf Seite 54 erwähnte Vulkan Coseguina in Nicaragua ausgeworfen zu haben, und zwar bei Anlaß seines im Januar 1835 stattgehabten Paroxysmus. Dieser Feuerberg ist, wie wir

sahen, 162 Meter hoch, hat aber damals derartig ausgespieen, daß seine Aschen und Lapilli in einem zum mindesten etwa 1500 Kilometer Radius besitzenden Gebiete niederfielen, und daß seine ganze Umgebung bis an die 40 Kilometer Entfernung von einer 5 Meter mächtigen Schicht solcher Gebilde bedeckt wurde.

Was nun die Blitze betrifft, welche man aus der Pinienssäule hervorzucken gesehen hat, so mag ein Teil dieser Erscheinung zurückzuführen sein auf den Widerschein am Horizont der glutflüssigen Lavasäule im Krater. Doch giebt es sicherlich auch wirkliche Blitze bei vulkanischen Ausbrüchen, förmliche vulkanische Gewitter, die derart entstehen, daß die aschenfreie Dampfsäule elektrisch positiv ist, in den Aschen selbst aber negative elektrische Strömungen entwickelt sind. Daher müssen stetige Entladungen stattfinden. Für eine solche Annahme spricht auch der Umstand, daß die Blitze sich meist im mittleren Teile der Dampfsäule zeigen, an der Stelle eben, woselbst die herniederregnenden Aschen und der aufsteigende Dampf in erster Linie aufeinander treffen. Hagelschläge begleiten diese vulkanischen Gewitter niemals, ein Beweis dafür, daß dieselben mit unserem gewöhnlichen Gewitterphänomen nichts zu thun haben.

Eine der merkwürdigsten Erscheinungen bei vulkanischen Paroxysmen, das ist das Hervorbrechen von Flammen. Schon im letzten Jahrhundert finden wir bei gewissen Autoren, welchen wir die Beschreibung von Eruptionen des Vesuv verdanken, so bei dem englischen Forscher Lord Hamilton Mitteilungen über das Hervortreten züngelnder Flammen aus dem Feuerberge. Rechten

Glauben wollten diese Erzählungen aber nicht finden. Das Vorhandensein wirklicher Flammen bei den Paroxysmen eines Feuerberges wurde trotz der gegenteiligen Behauptungen hervorragender Gelehrter durchaus in Abrede gestellt. Aber hier hat einmal wieder die Volksmeinung gegenüber der Ansicht der meisten Gelehrten Recht behalten, wie Ule treffend bemerkt. Denn bei der letzten Eruption im Vulkane von Santorin sind wirkliche Flammen beobachtet worden, brennende Gase, die teils über der Lava, teils über dem Meere tanzten, und zwar nicht nur von einem, sondern von allen Gelehrten, denen es vergönnt gewesen ist, diesen gewaltigen Ausbruch mit eigenen Augen zu schauen. Rings um die aus dem Meere emporsteigenden feurigen Hügel herum entwickelten sich Blasen im Wasser, die sich bei der Berührung mit der glutflüssigen Materie entzündeten und lange Reihen weiß, rot oder auch in grüner Farbe brennender Flammen bildeten, die der Wind bald emporhob, bald niederbeugte. Kam ein besonders starker Windstoß, so löschte derselbe die Flammen aus, deren Linien aber sehr bald wieder von neuem über die See hinzulaufen begannen. Aber auch aus den Spalten der Lavamassen von Aphroëssa und des Georgios selbst (siehe Seite 58) schlug die Lohe oftmals mehrere Meter hoch heraus. Das Spektrum derselben zeigte die Linien des Natrium, des Wasserstoffs, des Chlors, Kupfers u. s. f., Substanzen, die in ähnlicher Weise auch in Flammen nachgewiesen werden konnten, welche aus dem gewaltigen Lavasee des Kilanea-Kraters am Ma' una Loa auf Hawai emporzüngelten. Es sind jedenfalls in erster Linie Wasserstoff-

und Schwefelwasserstoffgase, welche diese Flammenerscheinungen hervorbringen.

Die Erschütterungen im Erdinnern dauern inzwischen immer und immer noch fort. Währenddem steigt die glühende Lava im Krater auf und entwickelt dabei manchmal einen so gewaltigen Druck, daß der Bergkegel demselben nicht mehr zu widerstehen vermag. Noch ehe die feurigen Massen den Rand des Feuerschlundes erreicht haben, reißt der Vulkan förmlich entzwei, es entsteht eine tiefe Spalte, aus welcher die glutflüssigen Laven sich in rauchenden und dampfenden Strömen den Bergabhang hinunter ergießen. Dabei werden dann parasitische Kegel in sehr verschiedener Anzahl aufgeschüttet, wie wir schon auf Seite 60 sahen. Diese Spaltung des Feuerberges kann in verschiedener Höhe geschehen; am Ätna pflegt sich dieser Vorgang meist nur in einer auf 800—2000 Meter Meereshöhe gelegenen Zone des Vulkans zu vollziehen. Der Riß, aus welchem sich der Lavastrom im Jahre 1669 ergoß, welcher unsägliches Unheil angerichtet hat, durchzog die Flanken des sizilianischen Berges in einer Länge von etwa 20 Kilometer, hatte aber kaum mehr denn 2 Meter Breite und war umgeben von einer Reihe kleiner seitlicher Risse. Beim Ausbruch, welcher im Jahre 1879 am gleichen Vulkan erfolgte, war keine eigentliche einheitliche Spalte ausgebildet worden, sondern die Laven drangen aus einer größeren Anzahl mehr oder weniger parallel neben einander herlaufender Risse hervor, die auf bewachsenem Erdboden in der Breite von kaum einem Meter, auf Felsgrund dagegen bis fünf Meter weit auseinanderklafften. Auch ein ganz vollständiges Entzwei-

reißen des Vulkankegels kann eintreten, wenn auch in seltneren Fällen. So am Vesuv bei dessen Ausbruch im April 1872.

Einmal entstandene, wenn auch später durch erkaltete Laven wieder verstopfte Spalten öffnen sich bei ferneren Eruptionen meist wieder, wie die Erfahrung am Ätna sowohl, als auch am Vesuv gelehrt hat. Überhaupt geht die Spaltenbildung bei ein und demselben Vulkan stets in einer oder mehreren ganz bestimmten Richtungen vor sich.

Nicht immer tritt die Lava seitlich aus dem Vulkan (Seiteneruption); auch aus dem Gipfelkrater hervor selbst kann das Magma überfließen (Gipfeleruption). Dies war z. B. am Ätna bei seinen Paroxysmen von 1811 und 1863 der Fall, ebenso bei der Eruption von 1877, welche der beinahe 6000 Meter hohe Cotopaxi zu verzeichnen hat. Gleiches traf beim Vesuv im November 1867 ein.

Wird die Lava aus Spalten an den Bergflanken zu Tage gefördert, so tritt dieselbe manchmal förmlich springbrunnenartig heraus; ein heftiger Strahl dieser Substanz steigt empor, und zwar mit großer Schnelligkeit. Man hat dies mehrfach sehen können, und schon der Herzog della Torre, ein Augenzeuge des Vesuvparoxysmus von 1794, erzählt solches aus dem vergangenen Jahrhundert. Ähnliches findet am Ätna bisweilen statt; so wird berichtet, daß im Jahre 1865 aus dem Monte Frumento, einem Lateralkegel des Ätna, gewaltige Feuergarben glutflüssiger Laven hervorgeschossen seien. Übrigens soll diese Erscheinung bei den Vulkanen der Sandwichs-Inseln durchaus keine Seltenheit sein.

Nach ihrem Hervortreten aus dem Vulkan läuft nun die Lava, wie gesagt, an den Gehängen des Berges hinab. Trifft sie dabei Unebenheiten im Bodenrelief an, so füllt sie dieselben aus, stößt sie auf ein Hindernis, so staut sie sich wallartig davor auf, bis sie dasselbe überwunden und darüber hinwegfließen kann, wie dies im Jahre 1669 vor den Mauern von Catania geschehen ist. Sie verhält sich wie ein richtiger Feuerstrom; bald bildet sie eine mächtige, sich fortbewegende einheitliche Masse, bald teilt sie sich in einzelne Arme. Sehr verschieden ist die Geschwindigkeit, womit die Lava sich fortbewegt. Man kann im allgemeinen sagen, — doch hat die Regel, wenn es eine ist, gar viele Ausnahmen —, daß dieselbe vom Gehänge, worüber sie läuft, von der Größe der fließenden Lavamassen und von deren bedeutenderen oder geringeren Leichtflüssigkeit abhängig ist; der letztgenannte Umstand steht wiederum in enger Verbindung mit der chemischen Zusammensetzung der Laven selbst. Die basischen, d. h. die an Kieselsäure ärmeren Laven sollen sogar schon acht Meter Weges in der Sekunde zurückgelegt haben, während die kieselsäurereicheren Magmen, die sauren Laven sehr viel langsamer fortfließen, aus dem sehr guten und plausiblen Grunde, weil letztere sehr viel rascher erkalten und erstarren müssen, als die basischen Laven. Es ist eine viel höhere Temperatur notwendig, um ein kieselsäurereiches Magma in Schmelz- und Glutfluß zu bringen, als ein an Kieselsäure ärmeres, also basisches. „Gemeiniglich," sagt Reyer, „bewegen sich die Laven mit der Schnelligkeit eines Fußgängers, nur ausnahmsweise so rasch, wie ein Wagen, d. h. fünf Kilometer

pro Stunde, ja wie ein langsamer Bahnzug. Doch verzögert sich diese Eile im allgemeinen rasch.“ So sollen die Lavaströme des Ätna und des Vesuv ihre Anfangsgeschwindigkeit von 1—2 Meter nur auf kurze Strecken hin bewahren. Später verlangsamt sich diese Bewegung um ein Beträchtliches, so daß die Bewohner der tieferen Gehänge meist Gelegenheit haben, sich und ihre beweglichen Güter in Sicherheit zu bringen. Ganz ausnahmsweise träges Fließen der Laven ist übrigens auch schon konstatiert worden. Ein Strom derselben, der vom Vesuv niederging, hat zwei volle Jahre dazu gebraucht, um 3700 Meter zurückzulegen, ein anderer soll nur etwa 1,5 Meter in der Stunde vorwärts gekommen sein.

Eigentümlich ist der Umstand, daß zuweilen die Neigung des Berggehänges ganz ohne jeden Einfluß auf das Entstehen von Lavaströmen zu sein scheint. Hat man doch einen solchen am Vesuv über ein an 30 Grad geneigtes Terrain ruhig fließen sehen! Ja, am Ma' una Loa sind Lavamassen ebenso zusammenhängend über Areale geflossen, deren Neigung nicht weniger denn 60 bis 80 Grad betragen dürfe! Andererseits aber kommen Fälle vor, wobei die allzu steilen Flanken des Berges doch ein solches Herausbilden regelrechter Lavaströme nicht mehr gestatten. Dann entstehen an den Gehängen des Vulkankegels unregelmäßige und unzusammenhängende Felder blockartiger Lava, die Schollen- oder auch Blocklaven, welche aussehen, als ob sie aus gewaltigen Anhäufungen klein geschlagener Gesteinsstücke bestünden. Sie gleichen den Felsenstücken eines zertrümmerten Berges.

Selbst die basische Lava erkaltet sehr schnell an ihrer

Oberfläche. Infolge dieser raschen Erstarrung bedeckt sie sich hier mit einer schlackenartigen Rinde, unter welcher aber der Lavastrom selbst noch in stetiger Bewegung ist, denn dieser Schlackensack ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Man kann auf einem erst vor wenigen Stunden ausgeflossenem Lavastrom dahingehen und durch die zahlreichen seine Rinde durchsetzenden Spalten und Risse hindurch noch auf das deutlichste den darunter fließenden, in Weißglühhitze befindlichen Strom wahrnehmen. In diesem Zustande verharrt die Lava unter ihrer schützenden Rinde noch lange Jahre hindurch. Ein im Jahre 1787 dem Vesuv entquollener Strom war 1792 noch ganz heiß, ein solcher vom Ausbruch des Jahres 1822 war sechs Jahre später noch nicht erkaltet, und derjenige von 1855 strahlte nach zwölf Monaten noch solche Hitze aus, daß man in seinen Rissen Holzstücke entzünden konnte. Lava, welche der Xorullo in Mexiko Anno 1759 ausgespieen hatte, wurde nach 50 Jahren noch in sehr heißem Zustande angetroffen und war weitere 20 Jahre später noch so warm, daß man in einer der Spalten ihres Stromes eine Zigarre mit Leichtigkeit zum Brennen brachte. Nach Fritsch sind auf Lanzarote, einer der canarischen Inseln, Laven, die in den Jahren 1730 bis 1736 entstanden, 130 bis 150 Jahre nachher noch glühend gewesen.

Bei ihrem Hervortreten besitzt die Lava eine sehr hohe Temperatur. Wie sie sich in dieser Beziehung während des Paroxysmus des Vulkans im Krater selbst verhält, das weiß man nicht, denn es ist ja nicht möglich, sich während dieser Zeit dem Feuerschlund zu nähern. Ein

solches Unterfangen wäre einfach tollkühn und hieße sein Leben leichtsinniger Weise aufs Spiel setzen, ohne daß der Wissenschaft nur der allergeringste Nutzen daraus erwüchse. Dagegen haben mutige Männer an gewissen Vulkanen, deren Kratere sogenannte Lavaseen bilden, so am Stromboli und am Kilauea in dieser Hinsicht Beobachtungen anstellen können. In erster Linie sind hier Coan, Dana und Poulett Scrope zu nennen. Dieselben waren im stande, sich den von glutflüssiger Lava erfüllten Feuerschlünden der genannten Vulkane zu nähern und festzustellen, daß die Temperatur des Magmas höher war, als der Schmelzpunkt des Kupfers, also zwischen 1000—2000 Grad lag. Trotz dieser gewaltigen Temperatur ist dennoch die von einer solchen glutflüssigen Masse ausstrahlende Hitze meist nur geringer, als man erwarten sollte. Einen guten Beweis hierfür bietet ja der Umstand, daß die Fremdenführer auf dem Vesuv Kupfermünzen in die glühende, sich fortbewegende Lava zu drücken vermögen; für dieses Experiment lassen sie sich mit einer blanken Lira bezahlen. Eine fernere Bestätigung dieser Behauptung liegt im Umstande, daß beim Ausbruch des Kötlugja auf Island im Jahre 1860, eines von ewigem Schnee und Eis bedeckten Vulkans, Lavablöcke, die mit großen Eisstücken förmlich zusammengebacken waren, emporgeschleudert worden sind.

Der Widerstand, welchen eine im Schmelzfluß befindliche Lavamasse einem in sie eindringenden Körper entgegenzubringen vermag, ist ein sehr großer. „Man muß," sagt Poulett Scrope, „einen beträchtlichen Druck anwenden, um die Spitze eines Stockes oder einer Eisenstange in ihre Ober-

fläche eindringen zu machen. Ganz gewöhnlich gleicht ihre Konsistenz der von grobem, halbtrockenem Mörtel oder von Mehl, wenn es vorn zwischen den Mühlsteinen hervorkommt (damit vergleicht es William Hamilton, ein häufiger und vorsichtiger Beobachter des Vesuv), viel mehr, als der einer geschmolzenen Substanz. Bei Tage erscheinen die noch flüssigen Teile von dunkelroter Farbe, aber bei Nacht sind sie fast weiß oder feuerrot; und an solchen Stellen, wo der Strom einen steileren Abhang hinabfällt, ist der Anblick äußerst glänzend und feurig, da jede neu geöffnete Spalte, oder jeder infolge des Abfallens der äußeren schlackenartigen Rinde unbedeckte Teil des Innern wie die glühende Kohle eines Schmelzofens leuchtet."

Wie wir sahen, enthält das Magma eine Menge von Gasen und Dämpfen, von letzteren besonders Wasserdämpfe in Absorption und es giebt diese Substanzen beim Ausfließen von seiner Oberfläche aus ab. Dadurch erscheint diese letztere in ihrer ganzen Ausdehnung wie in dichte weiße Wolken eingehüllt. Bei der raschen Erstarrung, welche an der Oberfläche des Lavastromes vor sich geht, suchen sich die im glutflüssigen Magma unter dem Schlackenpanzer noch absorbierten und allmählich frei werdenden Gase und Dämpfe dadurch einen Ausweg zu schaffen, daß sie die Erstarrungskruste entweder an einzelnen Stellen sprengen und sich somit Luft machen, oder daß sie durch schon vorhandene Risse der Lavadecke entweichen. Bei diesem Anlaß werden Teile des noch glutflüssigen Materials aus dem Innern des Lavastromes mit an die Oberfläche und an die Luft gerissen, fallen jedoch meist in der

allernächsten Umgebung der Fumarolen — als solche werden diese Ausströmungsöffnungen der gas- und dampfförmigen Materien bezeichnet — wieder nieder und bilden beim Erkalten jene als Schlackenschornsteine bekannten Lavaprotuberanzen, deren wir nebenan eine abbilden.

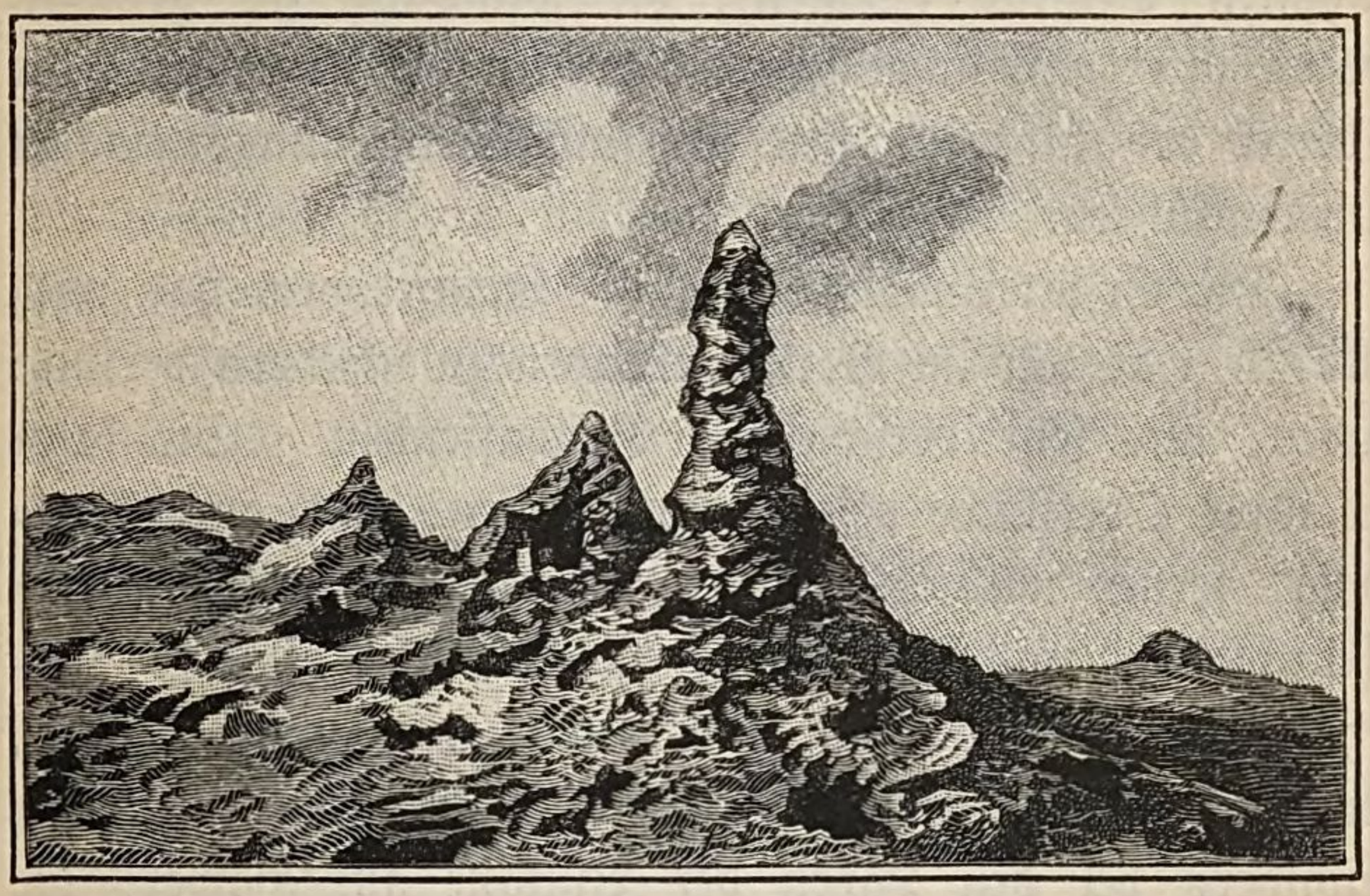


Fig. 15. Schlackenschornstein am Vesuv. Nach Johnston-Lavis.

Ist der Nachschub von Lava ein besonders starker, so kann dieselbe aus den sie durchziehenden Spalten von neuem ausbrechen, oder auch ihre Rinde zerbricht in größere und kleinere Schollen, die dann von dem noch glutflüssigen Magma mitgerissen und über-, unter- und durcheinander geschoben werden. Ein solcher Lavastrom hat dann eine nicht zu verkennende Ähnlichkeit mit einem großen Fluß, der eine dicke Eispackung mit sich führt und dieselbe zu einer hohen, formlosen Masse aufgestaut hat. „Manche dieser aufgerichteten Schlackenmassen," sagt Poulett Scrope,

STAATL. BIBL. BAMBG.

„sieht man sich 10, 20 und selbst 50 Fuß über das mittlere Niveau des Stromes erheben.“ Die rauhe, wilde und manchmal wie zerrissen erscheinende Oberfläche gewisser Lavaströme, so auf Island, auf Teneriffa, am Ätna und noch in manchen anderen vulkanischen Gegenden, die berühmten Sciaras (Sägen), die Malpays (so genannt wegen ihrer fast ungangbaren, wüsten Beschaffenheit), die Cheires der Auvergne, sind auf solche Entstehungsursachen zurückzuführen.

Die Erstarrungskruste eines Lavastromes hat nach alledem, was wir im Vorhergehenden zu schildern versucht haben, eine sehr verschiedene Beschaffenheit. Sie kann an ihrer Oberfläche also zackig-zerrissen, oder auch blockartig, ferner wulstig, runzelig, nach Art unserer Hochofenschlacken, und fladenartig, endlich auch völlig so aussehen, wie geschmolzenes und wieder geronnenes Wachs, und dann wie satiniert erscheinen. Letzteres findet sich besonders bei den Laven der Vulkane auf Hawai; die Bewohner dieser Inselgruppe haben dieselben Pahoe-hoe, d. h. Atlashaut, getauft.

Je nach der Ausbildungsweise, welche ein solcher Lavastrom in dieser Hinsicht zeigt, spricht man nun von Fladenlava, Gekröselava, Block- und Schollenlava, u. s. f.

Ist die erstarrte Oberfläche eines Lavastromes fest und zusammenhängend geworden, während unter derselben das Magma noch längere Zeit hindurch in stärkerer Bewegung sich befand, dann aber nach und nach dessen Zufuhr sich verminderte, so wird natürlicher Weise das Niveau des so unter dem Schlackensacke fortfließenden

Lavaſtromes immer mehr und mehr ſinken, bis die Bewegung des Magmas endlich ganz aufgehört hat. Der erſtarrte Oberflächenteil der Lava bleibt hie und da ſtehen und erzeugt dadurch ein manchmal ziemlich langes Gewölbe, deſſen Höhe von der Mächtigkeit des darunter fortgefloſſenen Magmaſtromes abhängt, zuweilen aber ganz beträchtlich ſein kann. Stalaktiten- und Stalagmiten-ähnliche Gebilde aus Laven tapezieren dann vielfach ſolche Höhlungen aus. Velain hat auf der Amſterdam-Inſel im indiſchen Ozean ſolche mehrere Hunderte von Meter lange Grotten geſehen, deren Breite 8—10 Meter, und deren Höhe oftmals doppelt ſoviel betrug. Die berühmte Höhle von Roſemont in den Lavaſtrömen der Inſel Réunion iſt eine ähnliche Bildung.

Es dürften hier auch einige Worte über die Größe und den Umfang ſolcher Lavaſtröme am Platze ſein. Der Skaptar-Jökull auf Island ergoß 1785 drei gewaltige Ströme über dieſe Inſel, welche große feurige Seen bildeten, die an 20—24 Kilometer Durchmeſſer hatten und an 30 Meter Tiefe beſaßen. Der größte dieſer Ströme erreichte 81 Kilometer, ein anderer 65 Kilometer Länge. Auf der Inſel Bourbon im indiſchen Ozean ſind Anno 1776 und 1787 gebildete Lavaſtröme vorhanden, deren Volumen 68700000 und 86000000 Kubikmeter betragen, alſo Würfeln von 410 und 440 Meter Seitenlänge entſpricht. Die vom Veſuv im Jahre 1794 ausgeſpieenen Lavamaſſen, welche Torre del Greco vernichteten, haben ſich zu einem Strom von 5700 Meter Länge auf 650 Meter Breite und 13 Meter Höhe vereinigt, deſſen Kubikinhalt 23 400 000 Meter beträgt und

einem 286 Meter hohen Würfel gleichkommt; den größten Lavastrom jedoch, der in neuerer Zeit dem Schoße der Erde entstiegen ist, hat der Ma'una Loa in den Jahren 1855 bis 1856 von sich gegeben. Derselbe hat über 100 Kilometer Länge erreicht, eine mittlere Breite von 4800 Meter und eine Höhe von 100 Meter. Noch 16 Kilometer vom Orte seines Ursprungs entfernt kochte und brodelte die Lava in seinem Innern unter ihrem vielfach aufgerissenen und zerborstenen Schlackenpanzer.

„Alles, was im Vulkane fließt und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten einnimmt, das ist Lava." So hat unser größter deutscher Geologe in unserem Jahrhundert, Leopold von Buch, einmal sich geäußert und seine Ansicht hat heute noch Geltung. Daraus erhellt, daß die Lava kein bestimmtes Gestein von besonderem Mineralgemenge ist, wie früher angenommen wurde, denn die Laven zeigen in ihrer Struktur, in ihrer Dichtigkeit und in ihrer mineralischen Zusammensetzung gar mannigfache Ausbildungsformen. Gewisse Erscheinungen sind aber allen diesen aus Glutfluß entstandenen Massen gemeinsamlich eigen, nämlich mehr oder weniger glasartig ausgebildete Partien des Ganzen, Teile, welche die erstarrten Magmareste darstellen, in denen der Prozeß der Kryställisation, der Mineralienausscheidung sich nicht vollzogen hat, sodann die poröse und schwammige Textur, die von den im Magma enthalten gewesenen, bei dessen Festwerden jedoch daraus entwichenen Gasen und Dämpfen herrührt.

An der Zusammensetzung der Laven nehmen nur wenige elementare Substanzen teil, so Sauerstoff, Sili-

cium, Aluminium, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalcium und Eisen. Maßgebend für die gesamte Herausbildung der Laven, was Farbe, Dichtigkeit und Gefüge betrifft, ist die Menge der in denselben vorhandenen Kieselsäure. Beträgt diese letztere mehr als der im Orthoklas oder Kalifeldspat enthaltene Prozentsatz dieser Substanz, also 65 bis 66 %, so wird die Lava eine sauere genannt. Sauere Laven sind die spezifisch leichtesten; ihr Gehalt an Kalk und Magnesia ist ein nur geringer, ebenso derjenige an Eisenoxyden, dagegen sind dieselben reich an Natron und an Kali. Die basischen Laven dagegen enthalten nur 40 bis 50 % Kieselsäure, jedoch viel mehr Kalk und Magnesia als Natron und Kali, ferner viel Eisengemengteile, so besonders Eisenoxydul und Eisenoxyd, sehr oft aber auch Magneteisen. Dieser letztere Umstand verleiht den basischen Laven magnetische Eigenschaften, eine oft tiefschwarze Farbe, sowie ein hohes spezifisches Gewicht, das zwischen 2,95 bis 3,10 schwankt.

Ein Lavastrom ist an seiner Oberfläche meist schlackig und porös ausgebildet, von Blasenräumen durchzogen, aus Gründen, die wir soeben kennen gelernt haben. Mehr nach seinem Innern zu zeigt die Lava eines solchen Stromes aber mehr krystallinisch-körnige Beschaffenheit, d. h. die einzelnen mineralischen Gemengteile desselben sind deutlich als kleine Krystallkörner individualisiert, wenn man auch daneben fast durchweg die schon erwähnten glasigen Stellen in den Laven antrifft. Manche Lavaergüsse sind nun reich an größeren Krystallen, die einer ersten Generation von Mineralien angehören, welche schon im

Vulkanschlot selbst aus dem Magma ausgeschieden wurden. Sie sind fertig ausgebildet aus dem Erdinnern herausgetreten, sie wurden aus den Ausbruchstellen hervorgeblasen, wie Fritsch treffend bemerkt. In der Tiefe der Erde konnten sie langsam und ungestört auskrystallisieren. „In der ausgeflossenen Lava," so sagt der Genannte weiter, „schwimmen diese Krystalle, und es kommt vor, daß sich dieselben nach dem Ausfließen wie Holz oder Blätter, die auf und im Wasser schwimmen, oder wie Schlammpartikel in solchem, irgendwo stauen, auch hinter der fortfließenden Flüssigkeit zurückbleiben. Dann enthält der Strom an seinen Enden keine oder nur vereinzelte Krystalle, ist aber nahe seinem Ursprung porphyrisch, d. h. einzelne Mineralien treten aus der eigentlichen Masse desselben besonders hervor. Dies zeigt beispielsweise der 1798 ergossene Chajorrastrom auf Teneriffa, bei dem ein ganz allmählicher Übergang aus der einen in die andere Lavenabart stattfindet." Bei Ausbrüchen gewisser Vulkane gehen förmliche Regen solcher schon im Feuerschlot ausgebildeter Krystalle nieder, die mit losen Auswürflingen herausgeschleudert werden, und die Geschichte des Vesuv weiß mehrfach von derartigen Erscheinungen zu erzählen.

Derartige Mineralien erster Generation sind z. B. der Leucit und der Olivin, auch gewisse Feldspate, wie der Anorthit Sehr interessant ist die Thatsache, daß solche primäre Krystalle vielfach zerbrochen, verbogen, an den Kanten abgerundet und angeschmolzen erscheinen, eine Folge der mechanischen und chemischen Einwirkungen des glutflüssigen Magmas, in welchem sie beim Paroxys-

mus des Vulkans mit hochgerissen wurden. Während der Eruption geht die Herausbildung der Mineralien der zweiten Generation vor sich. Ihre, auch in mikroskopischer Hinsicht nur sehr geringe Größe, ein Zeichen des infolge

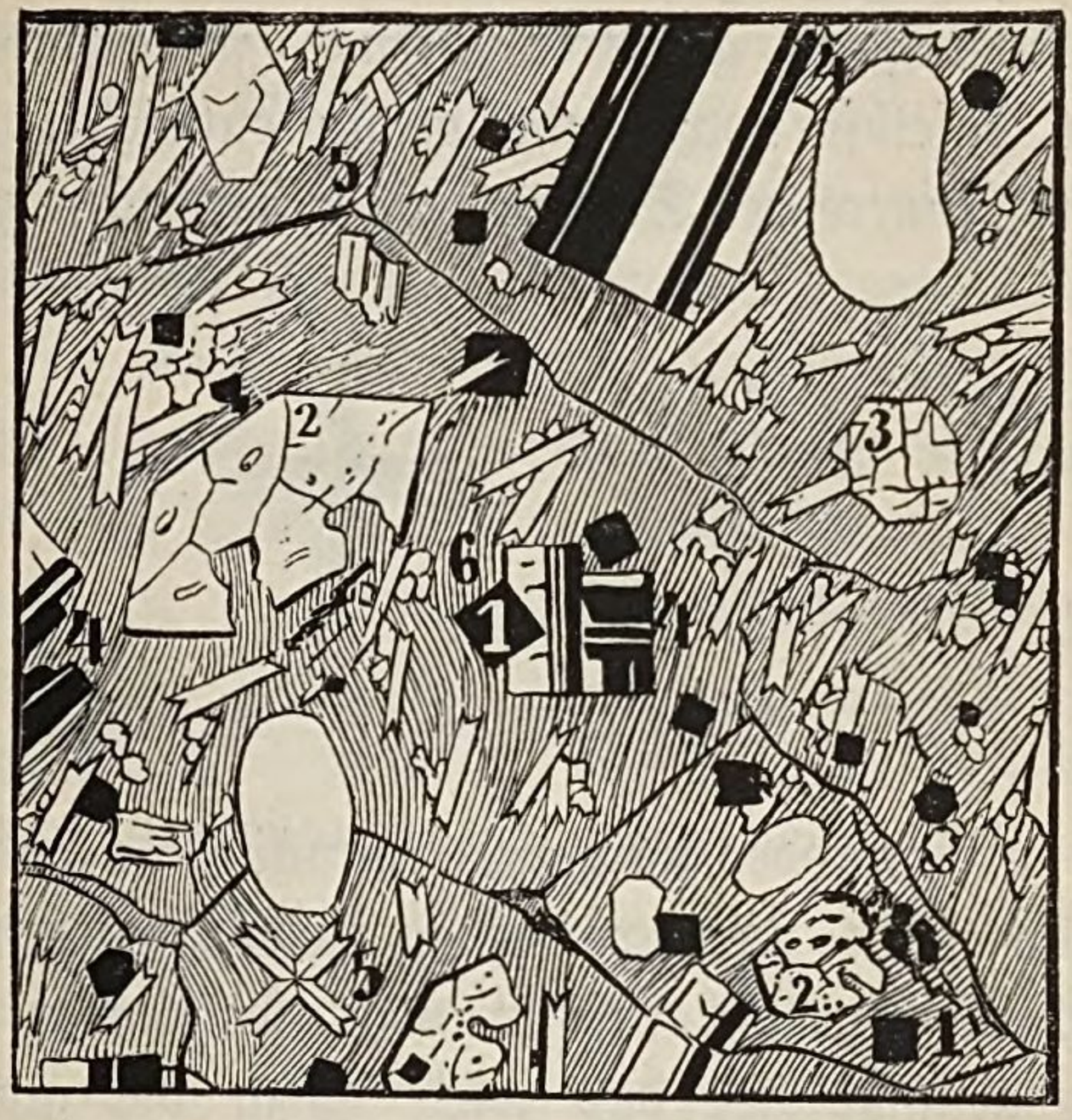


Fig. 16. Glasige, labradorführende Lava von der Insel Réunion. Strom von 1874. Nach Vélain. Stark vergrößert.

1. Magneteisen.
2. Olivin.
3. Augit.
4. Anorthit.

} Mineralien der ersten Generation.

5. Labrador, Mineral der zweiten Generation.
6. Amorphe Grundmasse, erfüllt von Mikrolithen.

der schnellen Erstarrung der Lava plötzlich unterbrochenen Kristallisationsprozesses und ihre Anordnung in streifenartige Bänder, die der Stromrichtung des Magmas folgen, sind ein Beweis dafür, daß sie aus einem in fließender Bewegung befindlichen Gesteinsteig ausgeschieden worden sind. Diese nur bei Anwendung stärkerer mikroskopischer

Vergrößerungen sichtbaren Kryställchen bezeichnet man als Mikrolithe. In den oberen Teilen des Lavastromes nahe an seiner Oberfläche, sind dieselben verhältnismäßig seltener, denn die Erkaltung des Magmas ist hier zu rasch vor sich gegangen, um auch nur diese Anfänge der Kryſtallbildung in größerer Menge zu gestatten. Die Lava ist daselbst noch mehr glasig entwickelt, während gegen das Innere des Stromes die Mikrolithen zunehmen.

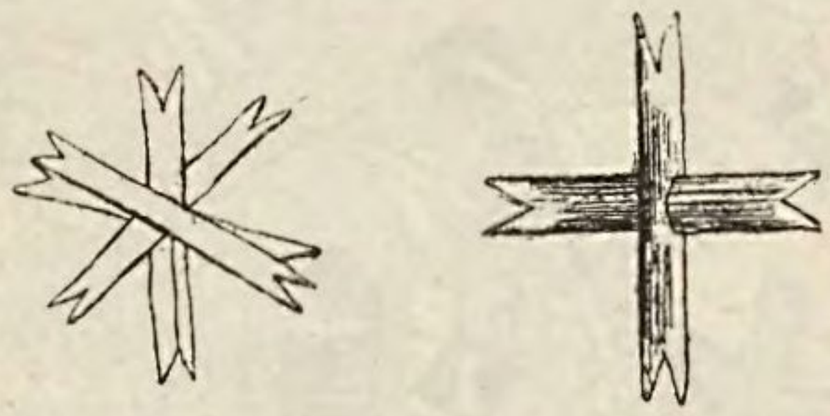


Fig. 17. Feldspat-Mikrolithen, stark vergrößert.

Daß die größere oder geringere kryſtalliniſche Entwickelung eines erkaltenden Lavastromes in vieler Beziehung davon abhängt, ob derselbe rascher oder langsamer zur Erstarrung gelangt ist, das wird durch die glasige Beschaffenheit der Lavenauswürflinge erwiesen, die ja bei ihrem raschen Flug durch die Lüfte ganz besonders schnell fest werden müssen. Nach Fritsch käme hier noch ein weiterer Faktor in Betracht, nämlich die Verflüchtigung der im Magma enthaltenen gas- und dampfförmigen Stoffe, denen die Hauptveranlassung der Kryſtalliſationen in den Laven zuzuschreiben wäre.

Diese Dämpfe und Gase bestehen in erster Linie aus Wasserdämpfen, welche zuweilen Borsäure mit sich führen, aus Chlorwasserstoff, Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorammonium, Eisenchlorid und Eisenchlorür, wahrscheinlich

auch aus Chlorsilicium, dann aus Schwefelwasserstoff, schwefeliger Säure, Ammoniumsulfat, Natriumsulfat, bisweilen auch aus etwas Selen, Phosphor und Arsen, in selteneren Fällen aus den Karbonaten von Kalium, Natrium und Ammonium, aus freier Kohlensäure und Kohlenwasserstoffen. Auch Jodverbindungen sind, aber nur ein einziges Mal, beobachtet worden.

Wie nun die Untersuchungen von Sainte-Claire-Deville und von Fouqué dargethan haben, treten diese Dämpfe und Gase in den meisten Fällen nicht gleichzeitig auf, sondern gehören 4 bestimmten Phasen des Ausbruchs an, derart, daß zuerst die sogenannten trockenen Fumarolen entstehen, die aus noch glühenden Lavamassen aufsteigen und von alkalischen Chlorüren, Sulfaten, Karbonaten, nur wenig schwefeliger Säure und unbedeutenden Spuren von Wasserdämpfen oder von Wasserstoffgas gebildet werden. Diesen Fumarolen von einer 500° übersteigenden Temperatur (dieselbe ist größer als der Schmelzpunkt des Zinks), folgen dann die saueren Fumarolen, deren Wärme zwischen 300 und 400° schwankt. Sie enthalten schwefelige Säuren, Schwefelwasserstoff, Salzsäure und viele Wasserdämpfe. Besonders drückt die schwefelige Säure diesen Fumarolen ihren Stempel auf und macht sich durch ihren erstickenden Geruch darin bemerkbar, wenn dabei auch ihr Mengenverhältnis zu demjenigen der Salzsäure gleich 1 zu 10 ist, und die Menge beider Substanzen zusammen sich zu den Wasserdampfmassen verhält wie 1 zu 1000.

Die alkalinischen oder ammoniakalischen Fumarolen sind ausgezeichnet durch die Entwickelung großer

Massen von Wasserdämpfen, denen etwas Schwefelwasserstoff beigemischt ist. Durch Wechselzersetzung dieser Stoffe wird Schwefel in Krystallen und besonders Salmiak abgesetzt. Die Temperatur dieser Fumarolen beträgt meist nahe an 100°. Aus fast ganz reinen Wasserdämpfen bestehen die kalten Fumarolen. Sie sind weniger warm als 100° und enthalten etwa 5 % Kohlensäure und Schwefelwasserstoff.

Wie diese soeben erwähnten verschiedenen Arten der Fumarolenthätigkeit sich der Zeit nach ersetzen, so thun sie es auch dem Raume nach. Am Zentrum der Eruption oder in der Mitte eines Lavastromes wird man bei Beginn des Ausbruchs zuerst meist nur trockene Fumarolen finden, dann nach dem Ende oder den Seiten desselben zu die nächstfolgenden, schwächeren. Ebenso wird es geschehen, daß wenn beim allmählichen Erstarren einer Lavamasse die erste Form der Fumarolenthätigkeit aufgehört hat, derselben, sei es vermittelst derselben Öffnung oder einer in nächster Nähe davon gelegenen, die zweite Art, oder, wenn diese auch nicht mehr bestehen kann, die dritte folgt. Der Verlauf dieser Gas- und Dampfexhalationen ist übrigens bei vulkanischen Ausbrüchen nicht immer ein so regelmäßiger, und es sind mancherlei Abweichungen davon schon beobachtet worden.

„Sehr wichtig ist," so sagt Fritsch, „daß die Gase und deren Reihenfolge die gleichen sind an den Haupteruptionspunkten bezw. Eruptionszentren und an den Fumarolen der Lavaströme, obgleich erstere direkt an dem vulkanischen Herde ihre Stoffe erneuern können, letztere aber

nur von den Gasen etwas abzugeben vermögen, welche sich in der ergossenen Masse befinden oder auch aus derselben sich entwickeln. Es darf hiernach kein anderer Ursprung für die Dämpfe der Vulkanherde, wie für die der ausgeströmten Lava angenommen werden; der Mengenunterschied erklärt sich einfach durch die Annahme, daß im Vulkanherde in der Regel viel mehr Lava enthalten ist, als bei den Ausbrüchen hervorkommt, und durch die Beachtung der Thatsache, daß im Hauptkanal die starken Druckunterschiede sich geltend machen, welche auf die Entbindung der Gase und Dämpfe hauptsächlich wirken müssen."

Ob nun die Substanzen, welche diese Gase und Dämpfe bilden, während der Eruptionsthätigkeit des Vulkans zum Magma hinzutreten, oder ob dieselben schon vorher in demselben absorbiert waren, das ist eine Frage, welche uns bei der Betrachtung der mutmaßlichen Gründe für die vulkanischen Ausbrüche näher beschäftigen soll.

Die weiter oben schon gebrachte Ansicht Fritschs, die Verflüchtigung der dampfförmigen Stoffe, und nicht langsames Festwerden sei die Hauptveranlassung der Krystallisation im Lavenmagma, wird durch den Umstand bestätigt, daß die glasig erstarrenden, leichtflüssigen und sehr basischen Laven der Vulkane auf Hawai bei ihrem Ausfließen, wie man bestimmt weiß, von keinerlei Exhalationen gas- oder dampfförmiger Massen begleitet werden, aber nur sehr langsam erkalten. Es sind dies die wie satiniert erscheinenden, Pahoe-hoe genannten Laven, von denen schon auf Seite 100 die Rede war. Man hatte lange geglaubt, basische Laven könnten nur sehr selten

Gläser ergeben, bis man eben durch die Untersuchung der von den Feuerbergen Hawais gelieferten Produkte eines besseren belehrt worden ist.

Das Heraustreten der Lavamassen aus dem Vulkanschlot bezeichnet im allgemeinen den Höhepunkt, die Krisis des Paroxysmus. Die Gasexplosionen dauern übrigens lange nachher noch fort, und es kann geraume Zeit währen, bis auch diese nach und nach schwächer und schwächer geworden sind und der Feuerberg wieder in den Ruhestand tritt. Bei manchen Vulkanen tritt dieser Fall nie ein, dieselben sind in andauernder Thätigkeit begriffen. Dies trifft z. B. beim Stromboli auf den Liparen zu, der sich

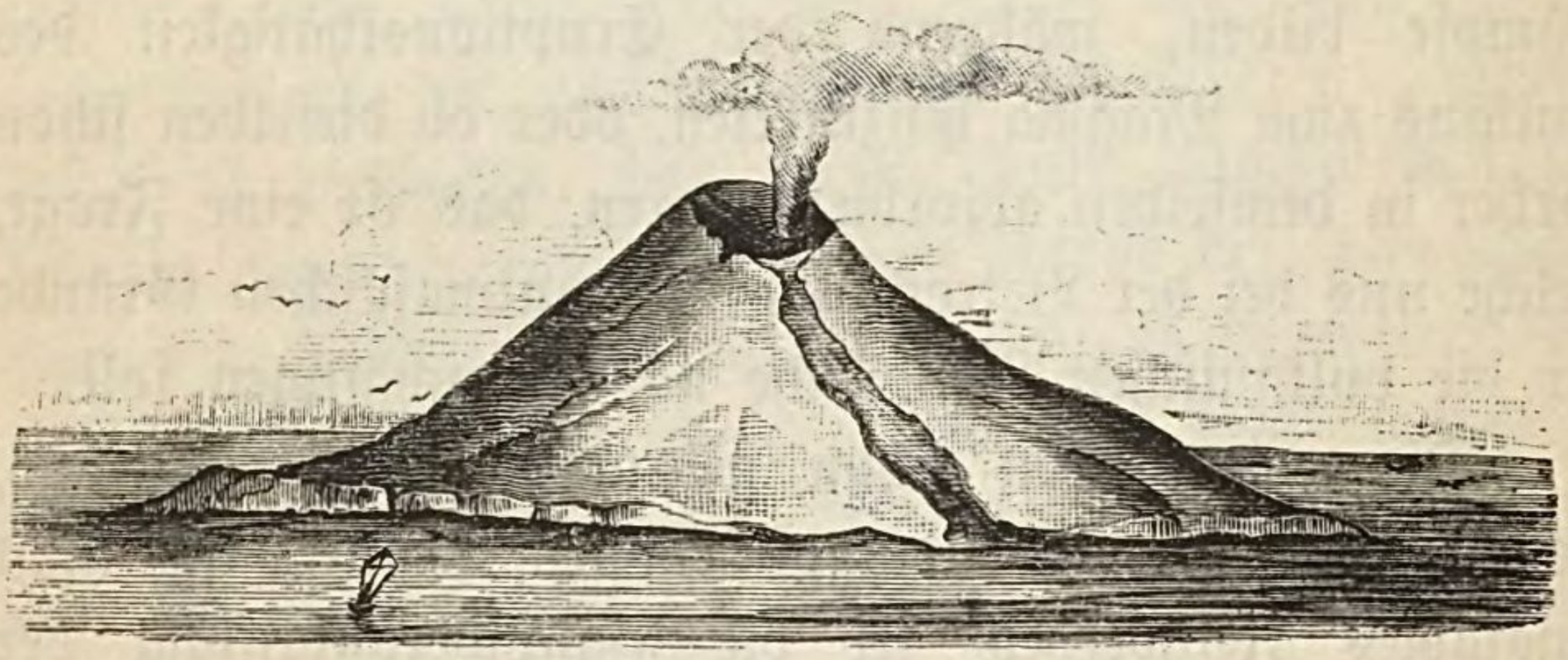


Fig. 18. Stromboli mit seiner Sciara. Nach Vélain.

930 Meter über das Meer erhebt. In seinen Klüften und Spalten haust der Windgott Aiolus, es ist die aiolische Insel, das Strongyle der alten Griechen. „Stromboli," schreibt Scrope, „hat die Gestalt eines ganz regelmäßigen Kegels. Der merkwürdigste Umstand bei diesem kleinen, aber höchst interessanten Vulkane ist, daß man die Lavasäule innerhalb sieht, wie sie durch beständige Explosionen,

welche in Zwischenräumen von fünf bis fünfzehn Minuten stattfinden, Stücke schlackenförmiger Lava auswirft und dauernd in derselben Höhe stehen bleibt, im Niveau mit dem Rande der Mündung im Grunde des Kraters, also in etwa 900 Meter über der Meeresfläche. Darnach ist es klar, daß ein vollkommenes Gleichgewicht zwischen der Expansivkraft der aufschwellenden Lava innerhalb und unterhalb des Schlundes und dem Druck infolge der Schwere dieser hohen Säule geschmolzener Masse nebst dem der Atmosphäre über derselben besteht; folglich muß ein Plus oder Minus der letzteren, also z. B. jede Änderung im Drucke der Atmosphäre in gewissem, wenn noch so geringem Grade, das Gleichgewicht stören. Es kann uns daher nicht überraschen, daß die Bewohner der Insel, die hauptsächlich Fischer sind, welche ihr gefährliches Gewerbe Tag und Nacht treiben, erklären, der Gipfel des Vulkans diene ihnen als Wetterverkündiger, der sie durch seine verstärkte Thätigkeit vor einem Leichterwerden oder einer Verminderung des atmosphärischen Druckes auf den Vulkan, entsprechend einem Fallen des Barometers, und durch seine Trägheit vor dem Gegenteile warne. Die Spannung des heißen, innerhalb und unterhalb der Lava verteilten Dampfes oder Wassers veranlaßt die eruptive Thätigkeit, und der Kochpunkt des Tropfens oder jeder Blase muß durch jede barometrische Variation merklich geändert werden.“ Schon zu des Plinius' Zeiten machten die Schiffer des Mittelmeeres dieselbe Beobachtung. Aus dem Rauche des Vulkans ließ sich nach diesem Schriftsteller das Wetter drei Tage vorherbestimmen. Der Krater Strombolis ist etwas nach Osten zu ausgerandet, und

wenn es die meist starke Rauchsäule erlaubt, kann derselbe ohne Gefahr besichtigt werden. In seinem tiefen Schlunde sind zur Zeit 5 kleine Kegel in Aktion. Auch der südlichste Vulkan Quitos, der 5300 Meter hohe Sangay, kommt nie zur Ruhe. Derselbe soll an 250 Eruptionen in der Stunde aufweisen, trotzdem aber noch von Zeit zu Zeit größere Ausbrüche erleiden.

Den Kratern vieler Vulkane unserer Erde entströmen während den, zwischen den einzelnen Paroxysmen belegenen, zuweilen sehr beträchtlichen Zeiträumen Gemenge von Schwefelwasserstoff, Schwefeldämpfen und schwefliger Säure. Dann befindet sich der Feuerberg im Zustande der Solfatarenthätigkeit. (Siehe Seite 62.) Der bekannte Vulkan Papandayang auf Java ist seit seiner im Jahre 1772 stattgefundenen Eruption, wobei fast der ganze Berg in die Luft geblasen wurde, und 3000 Menschen, sowie 40 Dörfer unter den so entstandenen Schuttmassen und den Auswürflingen begraben worden sein sollen, in die Solfatarenthätigkeit getreten. Die aus seinem Krater ausströmenden Dämpfe und Gase verursachen ein derartiges Getöse, daß die Eingeborenen ihm darnach seinen Namen, der „Werkstätte des Schmiedes“ bedeutet, gegeben haben. Auch der Vulkan von Volcano, einer der liparischen Inseln, verharrt mit Ausnahme nur weniger Eruptionszeiten im Solfatarenzustande. Volcano ist das Vulkania oder Thermissa der Alten und soll sich im Jahre 200 etwa vor Christi Geburt aus dem Meere erhoben haben. 1775 und 1786 war der Vulkan thätig, dann wieder vom August 1873 bis zum Dezember 1874, wobei u. A. schneeweiße Asche auf die Insel niederfiel, so

daß Baltzer, dem wir die Beschreibung dieses Ausbruchs verdanken, sagt, daß die Lipariten dabei das eigentümliche Schauspiel eines nordischen Schneefalles hatten, freilich an einem Material ganz anderer Natur. Die Aschenschicht war 3—4 Centimeter mächtig und bestand aus einem feinen Pulver, zumeist aus Kieselsäure, die zu 95,8% darin enthaltend war. Zuletzt erlitt Volcano wieder in den Jahren 1888 und 1889 einen heftigen Ausbruch, der durch die Menge der dabei vorgekommenen Explosionen und den völligen Mangel an Lavaergüssen, die auch der vorletzten Eruption gänzlich fehlten, interessant ist. Volcano ist, wie gesagt, die allermeiste Zeit hindurch eine Solfatara, und infolge dessen hat sich in ihrem Krater eine eigentümliche Industrie entwickelt. Den Fumarolen dieser Insel entströmt nämlich neben den anderen uns bekannten Substanzen noch Borsäure, bekanntlich ein sehr wertvolles Material. Borsäure, Salmiak und Schwefel werden nun auf Volcano gewonnen, früher produzierte man auch Alaun, was heutzutage aber nicht mehr der Fall ist. „Die Art der Gewinnung," sagt Baltzer, „scheint, soviel ich beobachten konnte, ungemein einfach zu sein. Man wirft lockeres Material (vulkanische Asche) auf die Mündungen der kleineren Fumarolen; die Dämpfe streichen hindurch und lagern ihre gelösten, festen Bestandteile darin ab. So entsteht eine Art cementierten Konglomerates, das erfüllt ist mit faserigem Salmiak, gelbrotem Selenschwefel, Alaun und schön weißer Borsäure. Dieses Rohmaterial wird, wenn es mit den Fumarolenprodukten genügsam beladen ist, in Gefäße gefüllt und von den Arbeitern auf den Schultern zur Fabrik am

Nordfuße des Kegels befördert, um daselbst weiter verarbeitet zu werden."

Die Ausbeutung der vulkanischen Erzeugnisse Volcanos datiert schon aus dem vergangenen Jahrhundert. Damals war dieselbe besonders auf die Gewinnung von Schwefel gerichtet. Dies mußte aber auf behördlichen Befehl unterbleiben, weil man glaubte, die bei der Reinigung dieser Substanz entweichenden Dämpfe könnten den Weinkulturen auf Lipari schaden. Aber dieses Verbot wurde schon wieder gegen Ende des Jahrhunderts zurückgezogen, und eine neapolitanische Familie nahm die Produkte Volcanos in Pacht. Gegenwärtig sind die Fabrikanlagen in den Händen englischer Industrieller. Im Jahre 1860 wurden etwa 2500 Kilogramm Borsäure hergestellt, doch hat sich die Menge des geförderten Materials heute erheblich gesteigert, dagegen ist die Schwefelgewinnung sehr bedeutend zurückgegangen. Die Solfatara von Volcano produziert jährlich nur noch 10 Tonnen dieser Substanz.

Als die letzte Äußerung vulkanischer Thätigkeit erscheinen die Mofetten. Es sind Ausströmungen von Kohlensäuregas, im Gemenge mit wechselnden Quantitäten von Sauerstoff und von Stickstoff, hie und da von etwas Wasserdampf begleitet. Selbst in solchen Gegenden, woselbst in früheren Zeiten vulkanische Erscheinungen vorhanden gewesen, nun aber längst erloschen sind, machen sich noch Mofetten bemerkbar, so in der vulkanischen Eifel und der Auvergne. In den phlegräischen Feldern, am Agnaner See, nicht weit von der berühmten Solfatara von Puzzuoli liegt die bekannte Hundegrotte, die Grotta

del cane, eine Mofette, deren Kohlensäureexhalationen den Boden in solcher Menge bedecken, daß jedes luftatmende Wesen sofort davon erstickt wird. Vermöge seiner höheren spezifischen Schwere kann das Gas nicht in die Lüfte aufsteigen, sondern muß an der Erde bleiben. Menschen sind daher im stande, die Höhlung ohne Nachteil für ihr Leben zu betreten, kleine Tiere jedoch vermögen das nicht mehr. Bis zu ihren Respirationsorganen dringt das Gas schon in die Höhe. Ein Hund, der in die Grotta del cane kommt, wird sofort betäubt. Herzlose und spekulative Neapolitaner pflegen dieses tierquälerische Experiment mit einem solchen Geschöpfe anzustellen, um den Besuchern der Grotte die schädlichen Wirkungen der Mofette vorzuführen; es ist dies ein lukratives Geschäft, denn leider giebt es gefühllose Reisende genug, die ihren Lire dafür zahlen, statt die elenden Ciceroni mit Verachtung zu strafen, und bedauerlicher Weise ist die italienische Regierung immer noch nicht so vernünftig gewesen, diese Tierschinderei zu verbieten.

Es scheint, als ob die verschiedenen Phasen in der vulkanischen Thätigkeit, als der eigentliche Ausbruch, der Solfatarenzustand, schließlich die Mofetten, demselben Gesetze unterworfen sein dürften, wie dasjenige ist, welchem die Fumarolen eines und desselben Paroxysmus folgen. In den phlegräischen Feldern, die erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit keine Eruptionen mehr zu verzeichnen gehabt haben, kennt man zahlreiche Punkte, woselbst sauere Fumarolen aus dem Boden hervorbrechen, während wiederum andere Vulkane, deren letzter Ausbruch noch weiter zurückliegt, so z. B. die chilenischen Feuerberge,

schon in einen einfacheren Solfatarenzustand übergegangen sind, wobei Exhalationen von Salzsäure gänzlich fehlen. Die in Arealen mit längst abgestorbenen Vulkanen noch vorhandene Mofettenthätigkeit haben wir ja weiter oben schon erwähnt.

Viertes Kapitel.

Die Feuerberge oder Vulkane.

(Fortsetzung.)

Der Ausbruch des Vesuv im Dezember 1631. Eine submarine Vulkaneruption. Die Geschichte der Insel Ferdinandea, ihres Erscheinens und Wiederverschwindens im Jahre 1831.

Zu den denkwürdigsten Ausbrüchen, welche die Geschichte des Vesuv zu verzeichnen hat, gehört zweifelsohne derjenige, welcher in den Dezembertagen 1631 die Stadt Neapel und deren Umgebung in Angst und Schrecken versetzt hat. Die gebildete Welt hat damals mit Staunen Kenntnis von diesem gewaltigen Paroxysmus genommen, trotzdem dies- und jenseits der Alpen ein ganz anderes Ereignis sich abspielte, dessen Entwickelung eben in jenen Zeiten Europa in Spannung hielt, und das auch auf Jahre hinaus Verderben und Verwüstung mit sich bringen sollte, der dreißigjährige Krieg. An der Hand der trefflichen Schilderungen, die J. Roth von dieser Eruption des Vulkans gegeben hat, und unter Berücksichtigung von Berichten glaubwürdiger Zeugen dieses

Ausbruchs wollen wir versuchen, ein Bild desselben zu entwerfen.

Seit dem Jahre 1500 war der Vesuv in den Ruhestand getreten. Er gewann das Aussehen eines erloschenen Feuerberges, sein Krater stellte eine weite vertiefte Fläche dar, in dem ein kreisförmiger See von beträchtlicher Tiefe sich herausgebildet hatte, und an dessen Ufer die verschiedensten Bäume, Steineichen, Eschen u. s. f. grünten. Auch im Atrio del Cavallo sproßte und blühte es; im Schatten der dort wachsenden Bäume sollen sogar wilde Tiere gehaust haben, und auch hier waren verschiedene kleinere Wasserbecken vorhanden. Der damalige Umfang des Vulkankegels war ein beträchtlicher, 6 italienische Miglien maß derselbe, und steil und schroff stieg der Berg empor. Nichts, auch nicht das allergeringste Zeichen deutete darauf hin, daß die unterirdischen Gewalten hier noch thätig sein könnten, und da in jene Zeiten der Ruhe die Aufschüttung des Monte nuovo bei Puzzuoli fiel, der im September 1538 in wenigen Tagen entstanden ist, so mochte es scheinen, als ob sich die vulkanischen Mächte inzwischen einen anderen Ort für die Entfaltung ihrer unheimlichen Kräfte gesucht hätten.

Das alles sollte sich plötzlich ändern! Nachdem schon etwa 6 Monate lange vorher Erdstöße sich bemerkbar gemacht hatten, wurden die Anwohner des Feuerberges durch ein dumpfes Brausen und Rascheln in dessen Innerem aufgescheucht. Einige Tage vorher bereits war das Wasser der meisten Brunnen trübe geworden, einige Quellen waren sogar ganz versiegt, und die Haustiere hatten ein ganz besonders scheues Benehmen zur Schau

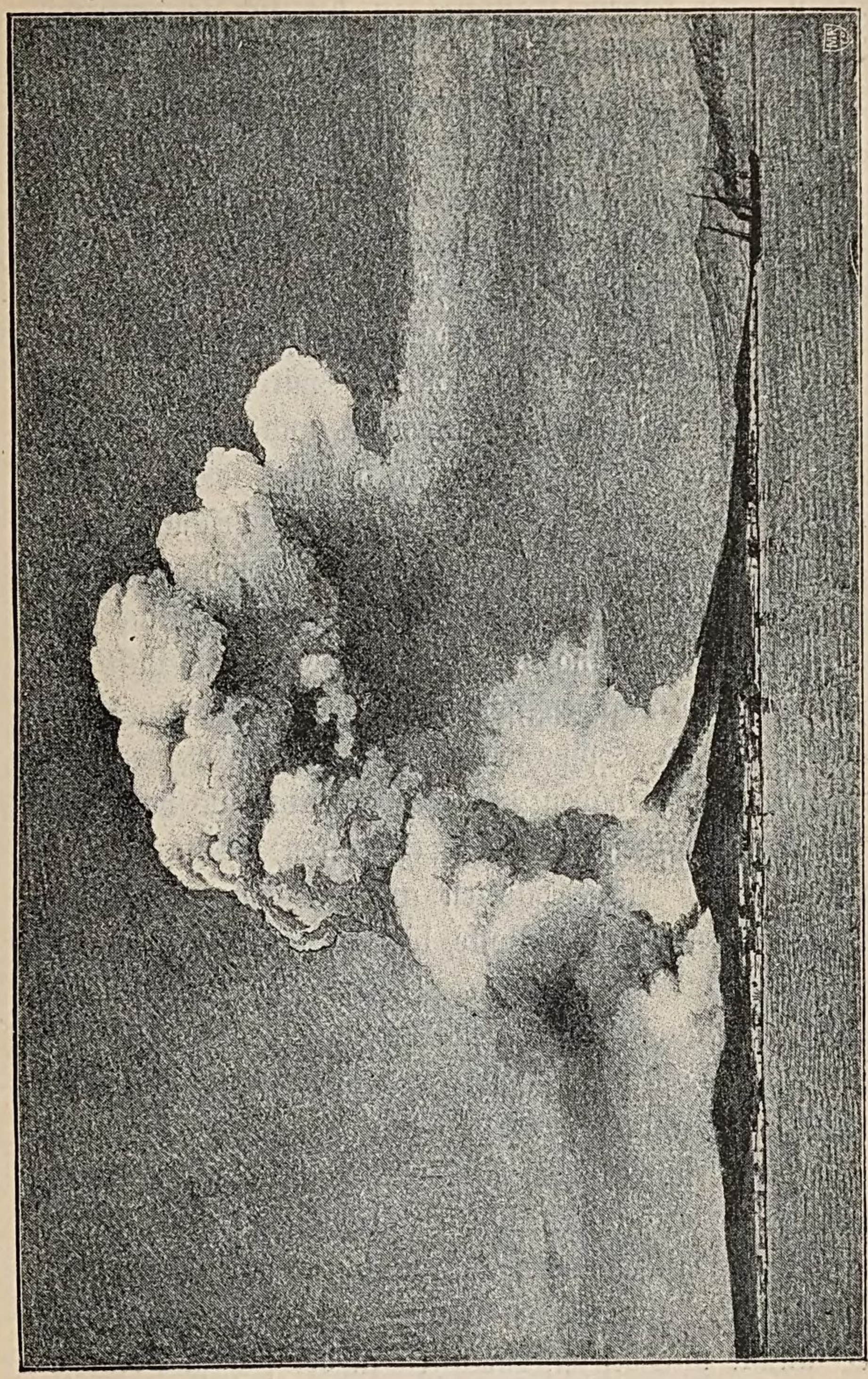


Fig. 19. Der Vesuv in Eruptionsthätigkeit. Nach einer während des Paroxysmus von 1872 aufgenommenen Photographie von Sommer in Neapel.

getragen. In keinem Einklang zu der sich so vorbereitenden Katastrophe stand das herrliche Wetter. In seinem schönsten Blau erstrahlte der Himmel über dem neapolitanischen Gelände, und die Luft war ebenso lau und mild, wie im Frühling. Da, ganz plötzlich erfolgte in den frühen Morgenstunden des 16. Dezember der Ausbruch. „Die Südseite des Feuerberges," sagt Roth, „öffnete sich etwas über dem Atrio del Cavallo, den ganzen Tag und den folgenden zum Teil wurden mit großer Wut glühende Steine, große Rauchwirbel und Aschenwolken ausgeschleudert, zwischen denen sich häufige, wie es schien, aus dem Krater kommende Blitze hervorschlängelten. Dazu kamen fortwährende Erdstöße, vielleicht von den steten Eruptionen verursacht. Ein großes Stück des Berges soll zu Anfang des Ausbruchs in die Luft geflogen sein, und ein gewisser Santolo aus S. Anastasia, der kühn auf die Spitze des Berges gestiegen war, behauptet gesehen zu haben, daß die Eruption aus mehreren sich allmählich öffnenden Löchern (Krateren) stattfand. Der Rauch und die Asche bildeten anfangs eine ungeheure Pinie, später eine große Wolke, die sich schnell ausbreitete und in Neapel die Sonne am hellen Tage verdunkelte. Mit fast unglaublicher Schnelle erreichte sie um 11 Uhr morgens die Basilikata (südlich und südöstlich von Neapel gelegen), 3 Stunden später Tarent und andere südliche Städte und erschreckte die Einwohner durch Aschen- und Sandregen. Ebenfalls in Cattaro fiel um 3 Uhr früh am 17. Dezember Aschenregen; ihm ging eine glühende Kugel voraus, welche, von Süden kommend, sich zwei Mal ins Meer tauchte und bei einem Kastell in der Piazza Seranza

verschwand. Auch in sehr entfernten Gegenden fiel Asche nieder, so auf Schiffen im Golfe von Volo in Thessalien am 16. September um die 10. Abendstunde. In der Nähe des Vesuv häufte sich die niedergefallene Asche zur Höhe von 6 Meter an und ihr Gewicht zerstörte viele Gebäude. Mit den Aschen war ein lästiger, selbst in Neapel bemerkbarer Geruch verbunden, nach Schwefel, wie einige sagen, aber wahrscheinlich nach Salzsäure.

Die glühenden, senkrecht herabfallenden Steine zerstörten und verbrannten alles in Nola, Palma, Lauro, Ottajano und anderen Städten der östlichen Ebene in der Nähe des Vesuv. Einer dieser Auswürflinge konnte von 20 Ochsen nicht fortbewegt werden, ein anderer flog 12 Miglien weit und zerstörte den Keller des Marchese di Lauro, zerbrach mit starkem Knalle in mehrere Stücke und entzündete alles, was brennbar war. Der Steinhagel vernichtete in Ariano und in Avellino mehrere Gebäude, ja viele berichten von Steinregen bis Melfi.

Als das schrecklichste Ereignis schildern die gleichzeitigen Schriftsteller das fast unaufhörliche Erdbeben, das nicht nur in Neapel, sondern auch in großer Entfernung fühlbar war. In Kalabrien und Puglien, wo man von einem Vesuvausbruch nichts wußte und das Getöse hörte, glaubte man, die Malteser und die Türken seien handgemein geworden, und in den Abruzzen fürchtete man, in der Majella sei ein Vulkan entstanden. Am 16. Dezember soll zu Neapel zwischen 3 und 6 Uhr am Nachmittage der Boden etwas zu beben aufgehört haben, gleichzeitig sollen aber auch Thür- und Fensterflügel wie von einem

Windstoß heftig geöffnet worden sein, ohne daß der Wind wehte, oder die Erde bebte.

So ging es mit wenig Veränderungen bis 10 Uhr morgens am 18. Dezember fort. Von einer Thätigkeit des Kraters an der Spitze des Vesuv spricht bis dahin keiner der zeitgenössischen Schriftsteller; nur der eine, Carafa sagt, daß dieser von 2 Uhr frühmorgens an am 17. Dezember auszuwerfen begonnen habe, ebenso, wie ein seitlicher Feuerschlund, welcher sich tiefer unten, im Atrio del Cavallo, geöffnet hatte und in Aktion getreten war. Um die angegebene Zeit ergoß sich nach einigen starken Erdstößen eine ungeheure Lavaflut aus dem Krater, die in mehrere, oft mehr als 1 Miglie breite Arme geteilt, die Abhänge zwischen Torre del Anunziata und Portici bis zum Meere überströmte, Torio zerstörte, nördlich bis Madonna del Arco sich ausdehnte, Häuser und Bäume umriß und entzündete, auch etwa 3000 Menschen getötet hat. Sie war mit solcher Schnelligkeit gelaufen, daß sie vom Krater bis zum Meere weniger als eine Stunde gebraucht hatte, und zwar 4 bis 5 Miglien beschwerlichen Weges. Zu gleicher Zeit trat das Meer an der ganzen Küste von Neapel bis nach Castellamare zurück, und nachdem es einige Zeit so geblieben, kehrte es wieder, seine alten Ufer überschreitend. Dieser Rückzug des Meeres, der nach Giambernardo Giuliani erst zu dreien Malen erfolgt sein soll, ehe die eigentliche Überschwemmung eintrat, scheint die Wirkung einer heftigen Erschütterung seines Grundes gewesen zu sein. Nach Einigen erfolgte auch bei Sorrent, der Insel Nisita und Ischia ein Rückzug des Meeres.

Da die Spitze des Vesuv in Rauch und Asche eingehüllt war, lassen sich Einzelheiten des Ausbruchs nicht angeben; die meisten Berichterstatter sagen nur, daß die Lava aus dem Krater kam. Nach Guiliani blieb die untere Öffnung nach der großen Explosion ruhig, nach Carafa kam die Lava zu gleicher Zeit aus beiden Krateren, sowohl aus dem am Gipfel, als auch aus dem neuen am Atrio. Dasselbe geht auch aus den die Katastrophe darstellenden Abbildungen aus jener Zeit hervor.

Fast alle Berichte über diesen Ausbruch erwähnen, daß mit den Lavaströmen aus dem Krater auch große Wasserströme herabgekommen sind, die Sand, Algen, Muscheln und andere Meeresprodukte mit sich führten. Da Krater und Himmel damals von den Exhalationen und der Asche verdunkelt, ließ es sich nicht leicht entscheiden, ob das Wasser aus den Wolken über dem Vesuv herabgekommen sei, das man mit den Laven oder etwas später herabströmen sah.

Der schon genannte Braccini berichtet hierüber in seinem Buche wie folgt: „Am 17. Dezember kamen sogleich nach den Lavaströmen, während der Himmel heiter war, mit Ausnahme des durch den Rauch und die Dämpfe verdunkelten Teiles, Wasserströme den Berg hinab, welche etwas vor 11 Uhr die Felder in der Ebene von Nola und 30 Miglien ringsum überschwemmten, so daß das Wasser an manchen Stellen etwa 4 Meter hoch stand. Dasselbe schmeckte wie Seewasser. Am 18. Dezember strömten bei demselben schönen Wetter und bei dichten Dampfwolken auf den Bergen andere Wassermassen nach Resina, Somma und Ottajano herab. Am

24. Dezember ergoß sich ein neuer Strom bei demselben schönen Wetter nach Norden, den folgenden Abend regnete es stark. Endlich kam noch am 31. Dezember ein Strom, klarer als gewöhnlich und heiß, herab; das Wetter war sehr heiter, mit Ausnahme auf der Spitze des Berges; in der folgenden Nacht war großer Sturm." Bei seiner am 16. Februar 1632 stattgefundenen Besteigung des Vesuv berichtet der Genannte ferner: „Beim Herabsteigen fanden wir auf den Aschen viele marine Muscheln und im Atrio lange, kleinen Schnecken ähnliche, und einige dreieckige, wie Tellinen; Ignazio Armellini sagte mir, daß er und seine Gefährten deren viel mehr gefunden hätten." Daß der Vesuv Meeresprodukte ausgeworfen habe, wird von vielen Beobachtern mit einigen Abweichungen erwähnt, einige sagen, man habe auch kleine Fische darunter gefunden, andere, Algen seien in großer Menge bis nach den Bergen von Forino und Sarno fortgeführt, man habe sie auf den Straßen von Avellino und Atripalda gesammelt." Bei der Besprechung der Ursachen, welche die eruptive Thätigkeit der Feuerberge bedingen, kommen wir auf diese Wasserergüsse näher zurück.

Nach dem Ausströmen der gewaltigen Lavamassen aus dem Vesuv dauerten die Erderschütterungen und Explosionen noch einige Zeit lang an. Als am 19. Dezember alle diese Erscheinungen etwas nachgelassen hatten, und die Atmosphäre um die Bergspitze herum sich aufhellte, konnte man beobachten, daß der Kegel um etwa 168 Meter niedriger geworden war. Lange Zeit hindurch kam der Feuerberg nicht mehr recht zur Ruhe; über ein volles Jahrhundert dauerte seine Thätigkeit

allerdings mit größeren und kleineren Unterbrechungen noch an, und in den Maitagen 1737 erfolgte dann wiederum ein mächtiger Ausbruch.

Nicht nur auf dem Festlande oder auf größeren Inseln erfolgen vulkanische Eruptionen. Auch das Meer hat ähnliche Phänomene zu verzeichnen, wenn solche auch vielfach wohl auf dem Grunde des Ozeans stattfinden, ohne daß wir jemals Kenntnis davon erhalten dürften. Es unterliegt heute kaum einem Zweifel mehr, daß manche, vielleicht sogar die Mehrzahl der Seebeben, Erschütterungen der Erdfeste, deren Ursprung im Meeresboden liegt, und die sich in der ozeanischen Wassermasse fortpflanzen, in Verbindung mit submarinen vulkanischen Ausbrüchen stehen. Zu den bekanntesten und interessantesten derartigen Erscheinungen gehört das plötzliche Auftauchen der Insel Ferdinandea im Mittelmeer, deren Entstehung und Wiederverschwinden wir etwas genauer kennen lernen wollen.

Zwischen der südlich von Sizilien belegenen Insel Pantellaria, dem Sitze eines längst erloschenen Vulkans, und der sizilianischen Stadt Sciacca erhob sich im Juli 1831 plötzlich eine neue Insel. Schon gegen Ende des Monats Juni waren die Einwohner der genannten Ortschaft durch unheimliche Erdstöße in ungewöhnliche Aufregung versetzt worden, die sich noch steigerte, als am 28. Juni ein starkes Erdbeben erfolgte, das bis zum 2. Juli andauerte. Am 8. Juli segelte eine sizilianische Brigantine an der betreffenden Stelle vorbei, und deren Bemannung konnte eine ihrer Schätzung nach etwa 25 Meter hohe Wassersäule beobachten, die an 10 Minuten

lang aus dem Meere förmlich aufsprudelte, um dann wieder zu verschwinden. Nun entwickelte sich eine starke Rauchwolke unter gewaltigem Getöse, und diese Erscheinung soll sich bis zum 12. Juli beinahe jede Viertelstunde wiederholt haben. Am gleichen Tage sahen die Bewohner Sciaccas Schlacken auf dem Meere, tote Fische wurden ans Land geworfen, und ein starker Schwefelwasserstoffgeruch verbreitete sich. Den Tag darauf erblickte man ebenda, woselbst sich bisher die Wassersprudel gezeigt hatten, eine hohe Feuersäule, und die Menge der von den Wellen ans Land gespülten Schlacken wurde so groß, daß an der sizilianischen Küste mächtige Aufschichtungen davon entstanden. Die Rauch- und Feuersäule war inzwischen bis zu 500 Meter Höhe gewachsen, und am 18. Juli erschien eine Insel über den Wogen, die schon sehr bald nachher 4 Meter hoch wurde und einen kleinen Krater umrandete, welcher fortdauernd Schlacken auswarf. Ohne Unterbrechung stiegen ebenfalls blendend weiße, zu Kugeln zusammengeballte Dämpfe geräuschlos daraus empor und bildeten eine gewaltige Wolke, durch welche die mitausgeschleuderten tiefschwarzen Schlacken stetig hindurchfuhren. Diese Wolke breitete sich hoch in den Lüften garbenförmig aus, und zuweilen zuckten aus den empor gewirbelten Massen helle Blitze auf.

Der ganze Ausbruch verlief ohne jegliches Getöse, nur das eigentümliche Rasseln der zusammentreffenden und auf dem Kraterringe niederfallenden Schlackenstücke verbreitete ein unheimliches Geräusch. Am 23. Juli besuchte der deutsche, damals zufällig in Italien weilende Geologe Hoffmann das neue Eiland, das schon 20 Meter

Höhe und 250 Meter Umfang erreicht hatte. Kurz vor Beginn des Paroxysmus an dieser Stelle gemachte Lotungen hatten 200 Meter Tiefe verzeichnet. Zu Anfang August

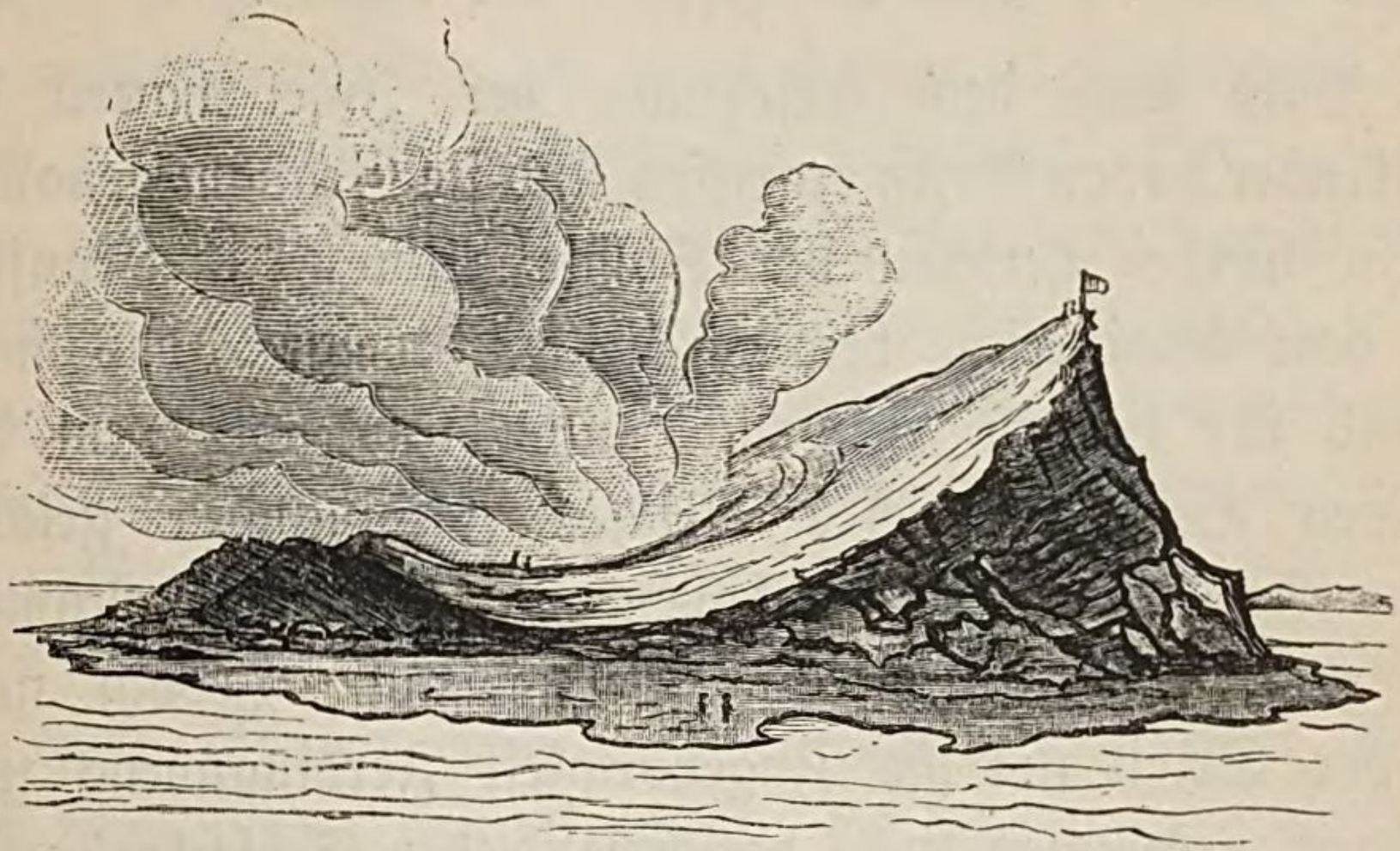


Fig. 20. Die Insel Ferdinandea im August 1831. Nach Lyell.

war infolge der stets mit gleicher Stärke anhaltenden vulkanischen Thätigkeit eine Insel von 4800 Meter Umfang und 72 Meter Höhe entstanden; ihr Kraterwall war, wie Gemmellaro als Augenzeuge berichtet, an einer Stelle geöffnet, und vor jedem neuen Ausbruch stürzte das Meerwasser in berghoch aufgetürmten Wellen daraus hervor. Während die westliche Seite des Eilandes immer mehr anstieg, wurde dasselbe nach Osten zu niedriger. Lava war nirgends herausgequollen, die ganze Insel war nur aus einem Haufwerk loser Auswurfsmassen aufgebaut. Der Feuerschlund selbst zeigte sich in den Augusttagen von orangegelb gefärbtem Wasser erfüllt, aus dem starke weiße Dämpfe emporstiegen. Zahlreiche Fumarolen

befanden sich am äußeren Abhange des Kraterwalles; die daraus hervorbrechenden Dampfstrahlen häuften den Sand zu kleinen maulwurfshügelartigen Erhöhungen an und schleuderten denselben auch manchmal mehrere Fuß hoch empor.

Bald nach dem Erscheinen der Insel hatten die Engländer davon Besitz ergriffen und sie Graham genannt. Allein hierbei gerieten die Söhne Albions in Konflikt mit dem Königreiche beider Sizilien, welches das neue Eiland für sich in Anspruch nahm und nach dem damaligen Herrscher dieses Reiches Ferdinandea getauft hatte. Auch die Franzosen haben einen besonderen Namen, und zwar Julia, für diese Insel gehabt. Jedoch noch ehe der Streit um die Zugehörigkeit Ferdinandeas zum Austrag gekommen war, verschwand der Schlackenhaufen wieder von der Meeresoberfläche. Schon am 28. Dezember war kaum mehr eine Spur davon übrig, so sehr hatte die zerstörende Kraft der Wellen auf Ferdinandea eingewirkt; bald nachher wogte wieder der Ozean über dem Grabe des Eilands, und nur eine Wassersäule, einem Geysir ähnlich, stieg noch eine Zeit lang an der Stelle auf, welche die Graham-Insel eingenommen hatte. Längere Zeit hindurch blieb das Meer hier noch seicht, doch nahm die Untiefe allmählich wieder ab, und jegliche Spur von Ferdinandea war längst verwischt, als 32 Jahre später, im Juli 1863 und genau am selben Platze im Ozean die vulkanische Thätigkeit sich von neuem bemerkbar gemacht hat. Aschen, Sand und Lapilli, auch Bomben in größerer Menge wurden aus dem Vulkan ausgeworfen, der sich ebenfalls eine 60 bis 80 Meter hohe Insel auf-

türmte, welche aber unter dem nagenden und abtragenden Einfluß des Seegangs noch rascher verschwand, als ihre ältere Schwester. Und abermals wieder an 2 Lustren nachher, im Oktober 1891, fingen die unterirdischen Mächte sich in der Nähe zu regen an. Einige Kilometer nordwestlich von Pantellaria wallte nach einer stärkeren Erderschütterung und einem damit verbundenen plötzlichen Versiegen der Brunnen und Quellen auf dieser Insel das Meer plötzlich heftig auf, vom Lande aus sah man eine Rauchsäule aus dem Wasser emporsteigen und konnte einen etwa 850 Meter langen Meeresstreifen beobachten, der unter starkem Gebrüll Dampfwolken ausstieß. Am 18. Oktober fand der zur Untersuchung dieses Phänomens herbeigeeilte italienische Gelehrte Errara eine Menge schwarzer poröser Blöcke auf dem Meere herumtreibend, die sehr bald nach ihrem Auftauchen explodierten, wobei die Trümmer 15 bis 20 Meter hoch in die Lüfte geschleudert wurden. Die Temperatur des Meerwassers war an dieser Stelle um 1,5 ° C. gestiegen. Vorher war nach Angabe der Schiffer das Meer hier kaum 160 Meter tief, nun fand das in der Mitte des Streifens hinabgelassene Senklot noch in 350 Meter Tiefe keinen Grund. Ein tiefer Kraterschlund scheint daselbst entstanden zu sein. Auch am 23. Oktober, als ein italienisches Kriegsschiff, an dessen Bord sich der Gelehrte Riccò befand, den Ausbruchsort besuchte, bot sich dort noch ein interessantes Schauspiel dar. Allerorten schossen Dampf- und Wassergarben aus der See hervor, und auf der Oberfläche derselben schwammen gegen 500 schwarze Blöcke, die gewaltsam aus ihren Poren Wasserdämpfe ausstießen, so daß sie auf dem

Wasser kreuz und quer herumtrieben, ähnlich kleinen Torpedobooten. Die Blöcke tauchten auf, fingen an zu fauchen und zu schwimmen und explodierten dann mit starkem Krach und versanken wieder; sie hatten alle möglichen Größen bis zu $1^1/_2$ Meter Durchmesser. Die Masse dieser Blöcke war so schwammig, daß die Mitglieder der Expedition Löcher in dieselben hineinstoßen konnten. Aus den Löchern entwich dann sofort ein Strahl von Dampf und Wasserstaub. Mehrfach wurde die aus dem Wasser herausreichende Oberfläche der Bomben mit dem Hammer zerschlagen und, nachdem der Dampf entwichen war, der Hitzegrad mit Hilfe hineingesteckter Metalldrähte untersucht, wobei Zinn und Blei sofort zerflossen, ebenso Zink, das bei 360° schmilzt.

Die Mehrzahl der aufgefischten Blöcke war hohl innen, viele tauchten auch auf, ohne zu explodieren. Nachdem der Dampf aus ihren Poren ausgeströmt und das Meerwasser in die Hohlräume eingedrungen war, sanken sie wieder zur Tiefe.

Das Erdbeben und der Vulkanausbruch hat sich auch in weiterer Umgebung von Pantellaria bemerkbar gemacht. So stieg die Quelle des „heißen Flusses", die mitten im sizilischen Lande liegt und durch die Vorverkündung ferner Erdbeben schon eine gewisse Berühmtheit erlangt hat, am Tage vor dem Ausbruch auf 29° und fiel am Tage selbst auf 23° zurück. Die ganze Eruption steht wahrscheinlich mit einer in die Tiefe setzenden Spalte der Erdrinde, die quer durch das mittelländische Meer nach der Südküste Siziliens hinläuft, in

Verbindung. Auf dieser Spalte befindet sich auch die berühmte Stelle, wo Ferdinandea aufstieg. Wird diese sich jemals wieder heben aus den dunklen Tiefen des Ozeans zu dauernderem Bestande? Die Zukunft mag's lehren!

Fünftes Kapitel.

Die Feuerberge oder Vulkane.

(Fortsetzung.)

Die Zahl der Vulkane. Thätige und erloschene Feuerberge. Reihen- und Gruppenvulkane. Die Vulkane des europäischen Festlandes. Die Eifelvulkane. Der Kammerbühl bei Franzensbad. Der Vulkan von Orgiofhof in Mähren. Die Feuerberge Zentralfrankreichs. Die italienischen Vulkane. Der Vulkangürtel um den atlantischen Ozean. Jan Mayen. Islands Feuerberge und ihre Wasserströme. Die Azoren, Kanaren und Capverden. Ascension. Die Vulkane an der Westküste Afrikas. Fernando Po und die Feuerberge der kleinen Antillen. Der Kreis von Feuerbergen um den stillen Ozean. Die Vulkane des südamerikanischen Erdteiles. Lozodales und Moyas. Zentralamerikas Feuerberge. Nordamerika. Die Vulkane der Alaska-Halbinsel, Kamtschatkas, der Kurilen, Japans, der Philippinen und Molukken. Das vulkanische Gebiet Neuseelands. Die Feuerberge der Antarktis. Hawai. Die Feuerberge des indischen Ozeans und seiner Ränder. Die Vulkane Sumatras, Javas u. s. f. Barren-Eiland. Die Koromandelküste, Somaliland, Ostafrika, Madagaskar. Neu-Amsterdam und St. Paul. Noch thätige Vulkane im Innern der Festländer. Ararat und Demavend. Angebliche Vulkane in Zentralasien.

Die Zahl der Vulkane auf unserem Planeten ist eine beträchtliche. Fuchs hat deren 672 gezählt und diese Summe würde noch viel bedeutender werden, wenn man

jede einzelne vulkanische Stelle, jeden Krater als einen Feuerberg für sich betrachten wollte und nicht manche vulkanische Gebiete in ihrer Gesamtheit, also gewissermaßen nur als einen einzigen Vulkan auffaßte. „Soll man," so spricht sich der genannte Gelehrte über diese Frage aus, „z. B. die zahlreichen vulkanischen Punkte der Eifel als ebenso viele Vulkane aufzählen, dann müßten wir allein auf der kleinen Inselgruppe der Gallopagos mehr als zweitausend Vulkane annehmen, oder soll man alle diese Kratere und Schlackenhügel als einen einzigen Vulkan in Rechnung bringen? Es empfiehlt sich der Regel nach ein solches vulkanisches Gebiet nur als einen einzigen Vulkan in Rechnung zu bringen, allein es wird immer Fälle geben, wo eine willkürliche Entscheidung nicht umgangen werden kann."

Nun giebt es eine Reihe von Feuerbergen, die seit Menschengedenken keinen Ausbruch mehr gehabt haben, deren vulkanische Natur aber außer allem Zweifel ist, Vulkane, die vielleicht schon in der Tertiärzeit zum letzten Male eruptiv waren, seither aber längst in den Zustand der Unthätigkeit traten, die erloschenen Vulkane, im Gegensatze zu welchen diejenigen Feuerberge stehen, die in historischen Zeiten Ausbrüche erlitten, die thätigen Vulkane. Wo ist aber die Grenze zwischen den beiden genannten Gruppen von Feuerbergen zu ziehen? Der Vulkan auf der Insel Ischia hat seit den Zeiten Jesu Christi nur einen einzigen Paroxysmus zu verzeichnen gehabt, denjenigen vom Jahre 1302, und die Geschichte lehrt uns, daß soweit Menschen sich dessen zu erinnern wissen, nur zweimal vorher noch Ausbrüche aus demselben

stattgefunden haben, und zwar in den Jahren 45 und 36 vor des Heilands Geburt. Ebenso ging der verhängnisvollen Eruption des Vesuv im Jahre 79 eine derartig lange Ruhepause des Feuerberges voran, daß sich die Kunde von seiner vulkanischen Natur ja ganz verloren hatte, und daß es nur wenige vereinzelte Autoren, wie z. B. Strabo gab, die eine dunkle Ahnung von den unheimlichen Gewalten hatten, welche in der Tiefe des Berges gefesselt schlummerten. Und auch noch in späteren Zeiten befand sich der Vesuv mehrfach Jahrhunderte lang im Zustand der absolutesten Ruhe, wie gezeigt wurde; ja, ein Mal sogar vergingen ganze 361 Jahre, ehe ein neuer, stärkerer Paroxysmus erfolgte. Sollte da nicht die Möglichkeit vorhanden sein, daß irgend ein Feuerberg, den wir als längst erloschen anzusehen gewohnt sind, plötzlich wieder in Thätigkeit käme und eruptiv würde?

In seinem Kosmos hat Alexander von Humboldt nur solche Vulkane als thätige betrachtet, welche in diesem oder in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts noch einen Ausbruch hatten. Nach diesem Grundsatze müßte aber der Vesuv mehrere Male schon ein erloschener Feuerberg gewesen sein. Fuchs hebt mit Recht hervor, daß diese Grenze eine nur willkürlich gezogene sei, da man bedenken müsse, daß eine große Zahl der Vulkane an der ostasiatischen Küste selten mehr denn einen Ausbruch im Jahrhundert hätten, und daß zwischen den Eruptionen der südamerikanischen Vulkane noch größere Zwischenräume einzutreten pflegten. „Wenn doch," so sagt der genannte Gelehrte, „eine willkürliche Grenze gezogen werden und ein Zeitraum bestimmt werden soll, nach dem ein in

Ruhe befindlicher Vulkan als ein erloschener betrachtet werden muß, so dürfte sich etwa die Grenze von dreihundert Jahren empfehlen. Aber auch selbst dadurch gelangt man nicht zu einer sicheren Zahl, denn öfter ist schon der Fall eingetreten, daß Vulkane, welche länger als dreihundert Jahre sich in Ruhe befanden, wieder in Thätigkeit übergingen (Vesuv), und ebenso, daß manche der Vulkane, welche noch in den letzten drei Jahrhunderten, selbst im letzten Jahrhundert Ausbrüche hatten, dennoch gegenwärtig gänzlich erloschen sind."

Wendet man die von Fuchs aufgestellten Prinzipien der Einteilung der Vulkane an, so ergiebt sich, daß nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse etwa 672 Feuerberge auf Erden gezählt werden können, davon noch etwa 364 thätig sein dürften.

Selbstverständlich ist es uns nicht möglich, jedes einzelne Vulkangebiet für sich in eingehender Weise zu betrachten, denn dazu würde es uns an Platz mangeln. Es mag aber angebracht sein, die allerwichtigsten Feueressen unseres Planeten kennen zu lernen und dieserhalben im Folgenden eine kurze Reise um denselben anzutreten.

Leopold von Buch sah sich infolge der Verteilung der Vulkane auf der Erde veranlaßt, zwei Gesetze aufzustellen, nach welchen diese Berge auf unserem Planeten angeordnet sein sollten. Das eine dieser beiden Gesetze bedingt das reihenweise Auftreten der Vulkane, ihre Anordnung und Folge in einer Linie. Es gehören hierher die Reihenvulkane. Die nach dem anderen Gesetz gruppierten Vulkane bilden dagegen eine mehr oder minder regelmäßige Masse, die oft dicht zusammendrängt oder auch

nahezu kreisförmig ausgebildet sein kann, die Gruppen- oder Zentralvulkane. Von besonderem Interesse ist es, daß vereinzelte Feuerberge auf Erden nur in seltenen Fällen bekannt sind, so z. B. der südöstlich von Vera-Cruz belegene Tuxtla in der Nähe des Meerbusens von Mexiko, von noch größerer Bedeutung aber ist die Thatsache, daß die meisten Feuerberge sich entweder aus dem Ozean selbst oder in dessen Nähe erheben, wobei allerdings das Wort „Nähe“ immerhin nur in verallgemeinertem Sinne gebraucht ist, denn etliche dieser Vulkane sind 30—40 Meilen weit vom Meeresstrande entfernt, so diejenigen der Umgebung von Quito in Ecuador und noch andere mehr. Diese Verbindung des Auftretens der Feuerberge mit der Meeresnähe ist von großer Wichtigkeit, und wir werden uns in einem der folgenden Kapitel noch eingehender mit diesem Umstande befassen müssen.

Europas Festland weist nur einen einzigen thätigen Vulkan auf, den Vesuv; fünf Feuerberge in Aktivität befinden sich auf den kontinentalen Inseln dieses Erdteiles, und zwar der Ätna auf Sizilien, Stromboli und Volcano auf den Liparen, der submarine Vulkan von Ferdinandea in der Nähe der Insel Pantellaria südlich von Sizilien, und schließlich der Vulkan von Santorin an der griechischen Küste.

Diese Feuerberge alle sind uns schon bekannt, und so können wir sofort zu den anderen übergehen und unter den erloschenen Vulkangebieten des europäischen Festlandes etwas Umschau halten. Wir beginnen mit dem uns zunächst liegenden Areale, mit der Eifel. „Die Eifel,“ so

schreibt Leopold von Buch, „hat ihres Gleichen in der Welt nicht; sie wird auch ihrerseits führen und Lehrer werden, manche andere Gegend zu begreifen, und ihre Kenntnis kann gar nicht umgangen werden, wenn man eine klare Ansicht der vulkanischen Erscheinungen auf Kontinenten erhalten will.“ Von der Nähe Aachens bis zum Rhein erstreckt sich dieses interessante Gelände, das besonders schön die als Maare bezeichneten Gebilde beherbergt. Etwa 30 Krater können in demselben gezählt werden, die in dreierlei Gruppen zerfallen, einmal in solche, die wirkliche Lavaströme ergossen und Schlacken ausgeworfen haben (Mosenberg, Krater von Gerolstein, Krater von Bertrich), sodann in solche, aus welchen nur Schlacken emporgeschleudert wurden (Krater von Loos), endlich in solche, die meist nur Sand und Aschen, seltener auch Schlacken geliefert haben, die eigentlichen Maare (Pulvermaar, Uelmener Maar). Die Eifelvulkane sind devonischen Schichten aufgesetzt und, geologisch gesprochen, jedenfalls die jüngsten derartigen Vorkommnisse im deutschen Reichsgebiete. Den Zug der rheinischen Vulkane beschließt der Roderberg bei Bonn, aus schlackiger Lava aufgebaut, mit einem wohlerhaltenen Krater. Aus einer etwas mythisch lautenden Stelle in des Tacitus' Annalen*) hat man entnehmen wollen, daß noch zu des Kaisers Tiberius Zeiten vulkanische Eruptionen in der Eifel stattgefunden hätten, eine, wie sich durch spätere Untersuchungen gezeigt hat, irrige Ansicht.

Nahe an der Grenze Deutschlands, auf böhmischem

---

*) 13. Buch, 57. Kapitel.

Boden, bei Franzensbad, liegt ein interessanter kleiner Vulkan, der schon vom Altmeister Göthe beschriebene Kammerbühl. Es ist ein Schlackenkegel. Vor 40 Jahren ließ der um die Geologie hochverdiente böhmische Edelmann Graf Sternberg denselben bergmännisch untersuchen, und man legte dabei den mit festem Basalt, alter, darin erstarrter Lava erfüllten Kraterkanal bloß. Ähnlich in seinem Aufbau ist der im mährischen Lande nahe an Ungarn belegene Vulkan von Orgiofhof bei Banos, der auf Sandstein steht.

Auf dem bis zu 900 Meter Meereshöhe aufsteigenden granitischen Plateau Zentralfrankreichs, das schon im Tertiär der Schauplatz gewaltiger eruptiver Thätigkeit gewesen ist, erheben sich auf einer an 30 Kilometer langen Bruchlinie eine größere Anzahl meist vorzüglich erhaltener Schlackenkegel, die teilweise dicht aneinander gedrängten Puys. Der Puy du Pariou, der höchste dieser erloschenen Feuerberge, besitzt einen Krater von 930 Meter Umfang und 93 Meter Tiefe; derselbe ist ganz aus rotgebrannten Auswürflingen aufgeschichtet, die keinerlei Vegetation aufkommen lassen. Im Westen hat ein gewaltiger Lavastrom seinen Kegel aufgerissen. Neben diesen eigentlichen Vulkanen treten daselbst noch kleine, kraterlose Kuppen auf, welche aus einem Trachyt, dem Domit, nicht aber aus ausgeworfenem Materiale gebildet werden und wohl ein höheres Alter aufweisen dürften, als die Schlackenkegel, deren Entstehung in das Quartär fällt und zweifelsohne schon den Menschen zum Zeugen hatte. Explosionskratere sind im Auvergner Lande ebenfalls bekannt, so der Lac Pavin oder der Gouffre de Tazenat

bei Manzat, ein vollkommen kreisförmiges Becken von etwa 800 Meter Durchmesser und 12 Meter Tiefe, ein Maar, das in granitischem Gestein ausgesprengt worden ist.

Nicht nur an thätigen, auch an erloschenen Feuerbergen ist das italienische Land reich. Vielleicht stellt der Lago di Bolsena, an dessen Ufern die ehemalige Hauptstadt Etruriens, das alte Volsinium sich erhob, einen erloschenen Krater dar, zweifellos ist das jedenfalls für den See von Vico in den ciminischen Bergen. Auch die Campagna hat alte Feuerschlünde aufzuweisen, so diejenigen von Monterosi und von Baccano nördlich von Rom. Südlich von der Hauptstadt Italiens steigt das Albanergebirge auf mit seinen uns schon bekannten Maaren, dem Lago di Nemi, dem Albanersee und dem Becken von Vallariccia. Dasselbe ist ein altes an 18 Kilometer Durchmesser besitzendes Ringgebirge, dessen eigentlicher Mittelpunkt ein nach Westen geöffneter ehemaliger Krater ist. Der höchste Punkt seiner Umwallung trägt den Namen Monte Cavo, einer der allerschönsten Aussichtspunkte im Lande, wo die Orangen blühen. Es ist ein von Erdbeben stark heimgesuchtes Gelände, dieses Albanergebirge, und während wir dies schreiben, läuft die Kunde durch die Tagesblätter, daß mächtige Erdstöße sich wieder bemerkbar gemacht und in Roca di Papa und anderen Ortschaften dieses herrlichen Flecks Erde großen Schaden angerichtet haben.

Im Südosten von Rom treffen wir im Herniker Lande auf etliche kleine Vulkane, und in der Nähe der Festung Gaëta erhebt sich ein großer erloschener Feuerberg

mit einer weiten, kreisförmigen Umwallung, die von Lapilli, Aschen und Sanden aufgebaut worden ist, die Rocca monfina. Im Innern dieses Kraters steht ein domförmiger, 1006 Meter hoher Kegel aus Trachyt, der Monte Santa Croce. Auf Rocca monfina haben vor Zeiten die Aurunker gehaust, ein wildes Bergvolk, das den Römern gar viel zu schaffen machte. Ihre Hauptstadt Suessa Auruncorum befand sich erst im Krater selbst, nachher an der Südostseite des Berges, da, wo heute das Weichbild des kleinen Städtchens Sessa ist. Nach langen Kämpfen fiel die Feste endlich im zweiten Samniterkriege in die Hände des römischen Volkes; die Aurunker mußten eine römische Kolonie bei sich aufnehmen, und von diesem Zeitpunkt an verschwindet ihr Stamm aus den Büchern der Geschichte.

Wenn wir im Klostergarten von Camaldoli bei Neapel stehen und die herrliche Aussicht von dort oben betrachten, — mit Recht rühmt man dieselbe als eine der schönsten auf Erden, — wenn wir Gottes schöne Natur an dieser klassischen Stelle mit trunkenem Auge genießen, so erblicken wir im Westen ein eigentümliches, von erloschenen Krateren wie übersätes Gebiet, die Campi phlegraei, die brennenden Gefilde, deren wir ja schon mehrfach in diesem Buche gedachten. Den Mittelpunkt der 27 Kratere dieses Areals bildet die Pianura selbst, ein ehemaliger Feuerschlund von $2^2/_3$ deutschen Meilen Durchmesser. Auf seiner Umwallung steht oben das Camaldolenserkloster. Südöstlich davon befindet sich ein gewaltiger Krater, der dicht bewachsene Astroni; er dient dem italienischen König als Gehege von Wildschweinen. Sein nur wenig über Meereshöhe gelegenes Innere beherbergt eine Trachyt-

masse, die wohl in zähflüssigem Zustande emporgequollen ist. Neben einer Reihe weiterer Vulkane, so des vom Monte Barbaro, dem Gaurus inanis des Juvenal und dem Monte della Corvara umschlossenen Kraters von Campiglione und des Monte nuovo, dessen Ausbruch einen beträchtlichen Teil des seiner Austernkultur und seiner kostbaren Fischzucht wegen im Altertum so sehr berühmten Lukriner Sees zugeschüttet hat, nennen wir noch den auf drei Seiten von blühenden Gärten, Reb-geländen und Kastanienwäldern eingefaßten Averner See. Lucretius hat uns berichtet, es könne kein Vogel über dieses Wasserbecken dahinfliegen, ohne von den giftigen, daraus strömenden Gasen erstickt zu werden und tot niederzufallen. Von vielen Forschern wird diese Behauptung als Fabel angesehen. Wir wissen aber, daß ähnliche Erscheinungen auch aus anderweitigen Gegenden bekannt geworden sind; so entstiegen dem Quilotoa-See bei Quito im Jahre 1797 derartig vergiftete Dämpfe, daß ganze, an seinen Ufern weidende Viehheerden dadurch umgebracht wurden, und auf der canarischen Insel Lanzarote fiel bei einem vulkanischen, im Jahre 1737 stattgefundenen Aus-bruch, wie Leopold von Buch sich ausdrückte, „der stickende Dunst wie Tropfen herab, so daß das Vieh der ganzen Gegend wie leblos zu Boden sank.“ In die um den Averner See herumliegenden Schluchten versetzt die Mytho-logie die Eingänge zur Unterwelt; von hier stieg der troische Held Aeneas von der Sibylle geführt zum Hades hinab. Noch zeigt man eine düstere Höhle, die Grotte der Sibylle; durch einen schmalen engen Gang gelangt man in einen quadratischen, von lauwarmem Wasser

erfüllten Raum, welchen die Ciceroni der Gegend als Thor der Unterirdischen bezeichnen.

Am Golfe von Puzzuoli finden wir noch die uns nicht mehr fremde Solfatara, nahe dabei endlich die ebenfalls schon geschilderte Hundsgrotte.

Die vulkanischen Erzeugnisse der phlegräischen Felder bestehen fast nur aus losem Auswurfsmaterial, meist aus Tuffen*) verschiedenartiger Entwicklung, die Bruchstücke trachytischer (sauerer) Lava, lose Krystalle und Bimssteinfragmente umschließen. Eine gelbliche Tuffvarietät, der Pausiliptuff, waltet vor. Diese ganze Bildung dürfte wohl eine submarine sein, denn sie zeigt fossilführende Schichten eingelagert, und die Einschlüsse gehören Arten an, welche heute noch im Mittelmeer leben. Solche muschelführende Ablagerungen zeigen sich auf Ischia an den Gehängen des Epomeo bis zu 500 Meter Meereshöhe. Die Mächtigkeit der Tuffe ist eine sehr große, doch ist ihr Alter wohl ein verhältnismäßig junges; ihre Entstehung fällt in den Anfang der Tertiärzeit, die Kratere jedoch sind teilweise erst viel später ausgebildet worden (Monte nuovo).

Auf der Insel Ischia hat vulkanische Thätigkeit zu

---

*) Die vulkanischen Tuffe sind Gesteine, deren Material in Form von losen Auswürflingen durch die vulkanischen Eruptionen gebildet wird, dann aber, meist vermittelst der Thätigkeit des Wassers eine Umlagerung und Schichtung, auch vielfach Zersetzung erfahren hat. Dadurch, daß solche lose Auswürflinge durch die Winde oft meilenweit von der ursprünglichen Eruptionsstätte fortgeführt werden, bilden sich manchmal Tuffe an Orten, woselbst niemals ein Ausbruch stattfinden konnte.

verschiedenen Malen sich geltend gemacht, zuletzt im 14. Jahrhundert. Damals quoll aus dem Kegel des Monte Rotaro der den Besuchern dieses Eilands wohlbekannte trachytische Lavastrom des Arso hervor.

Die italienischen Vulkane, die wir bisher kennen gelernt haben, liegen alle auf einer großen, der Längserstreckung der Halbinsel folgenden und parallel von deren Westküste verlaufenden Linie. Nur ein einziger Feuerberg steigt weiter im Osten auf, der Monte Vulture in der Basilicata. Es ist dies ein 1350 Meter hoher, breit abgestumpfter Kegel, in dessen Krater ein Eichenwald grünt, worin Wölfe und Wildschweine hausen. Der Monte Vulture erhebt sich offenbar auf einer besonderen, die Appenninen etwa ostwestlich durchquerenden Spalte. Er soll nur einen einzigen Ausbruch gehabt haben. In der Natur seiner Laven und seiner Auswürflinge nähert sich dieser Vulkan jedoch völlig den übrigen Feuerbergen des italienischen Festlandes.

Wir sahen schon weiter oben, daß die allermeisten Vulkane an den Küstenlinien der Festländer oder auf Inseln, vorwiegend also in der Nachbarschaft des Ozeans zu finden seien. Wenn wir die Verbreitung der Feuerberge rings um die großen Depressionen unseres Planeten herum betrachten und mit dem atlantischen Meere den Anfang machen, so treffen wir hoch im Norden auf das vulkanische Eiland Jan Mayen mit dem 2094 Meter hohen Beerenberg, der zwar selbst wohl kein Vulkan ist, aber einen kleinen, noch thätigen Bruder im Esk besitzt. Weiter gegen Süden steigt die an 1800 deutsche Quadratmeilen große Insel Island „düster und fremdartig“, wie

sich Winkler darüber äußert, auf aus den Wogen des Ozeans, einer der berühmtesten Punkte vulkanischer Kraftäußerung auf Erden. Seit dem 9. Jahrhundert ist solche an 26 Stellen Islands aufgetreten, aber nur elf derselben haben zu wiederholten Malen Paroxysmen zu verzeichnen gehabt, so der Hekla, ein länglicher Kegel, der alle 60 bis 70 Jahre Eruptionen erlebt, deren man seit der Entdeckung der Insel 26 gezählt hat. Dann folgt der Katla oder Kötlugja mit 13 Ausbrüchen, davon derjenige von 1580 sich besonders hervorgethan hat. Die schrecklichste Entfesselung unterirdischer Gewalten jedoch hat im Jahre 1783 auf Island stattgefunden, als der Skaptar Jökull sich wieder einmal rührte. Wie Keilhack schreibt, dürfte dieser Paroxysmus des genannten Berges vielleicht von keinem anderen auf dem ganzen Erdenrund übertroffen worden sein. Viele der isländischen Vulkane sind bedeckt von ewigem Schnee und Eis. Wenn dann diese Gebilde schmelzen, infolge der bei einem Ausbruch herrschenden Hitze, so entstehen förmliche Flutströme mehr oder weniger heißen Wassers, die sich vom Berge herabstürzen und schreckliche Verheerungen verursachen. Diese Wasserströme sind eine besondere Eigentümlichkeit der Vulkane Islands. So schmolz bei der Eruption des Kötlugja im Jahre 1755 alles Eis, das den Vulkankegel bedeckte; in drei mächtigen Armen ergoß sich das Wasser von demselben herab und überschwemmte das Land weit hinaus. Die Fluten führten riesige Eisblöcke mit sich, in welche sogar losgerissene Felsstücke von der Größe eines kleinen Hauses eingeschmolzen waren.

Eine beträchtliche Strecke, wohl an 2500 Kilometer weiter gen Süden stoßen wir auf die Azoren mit

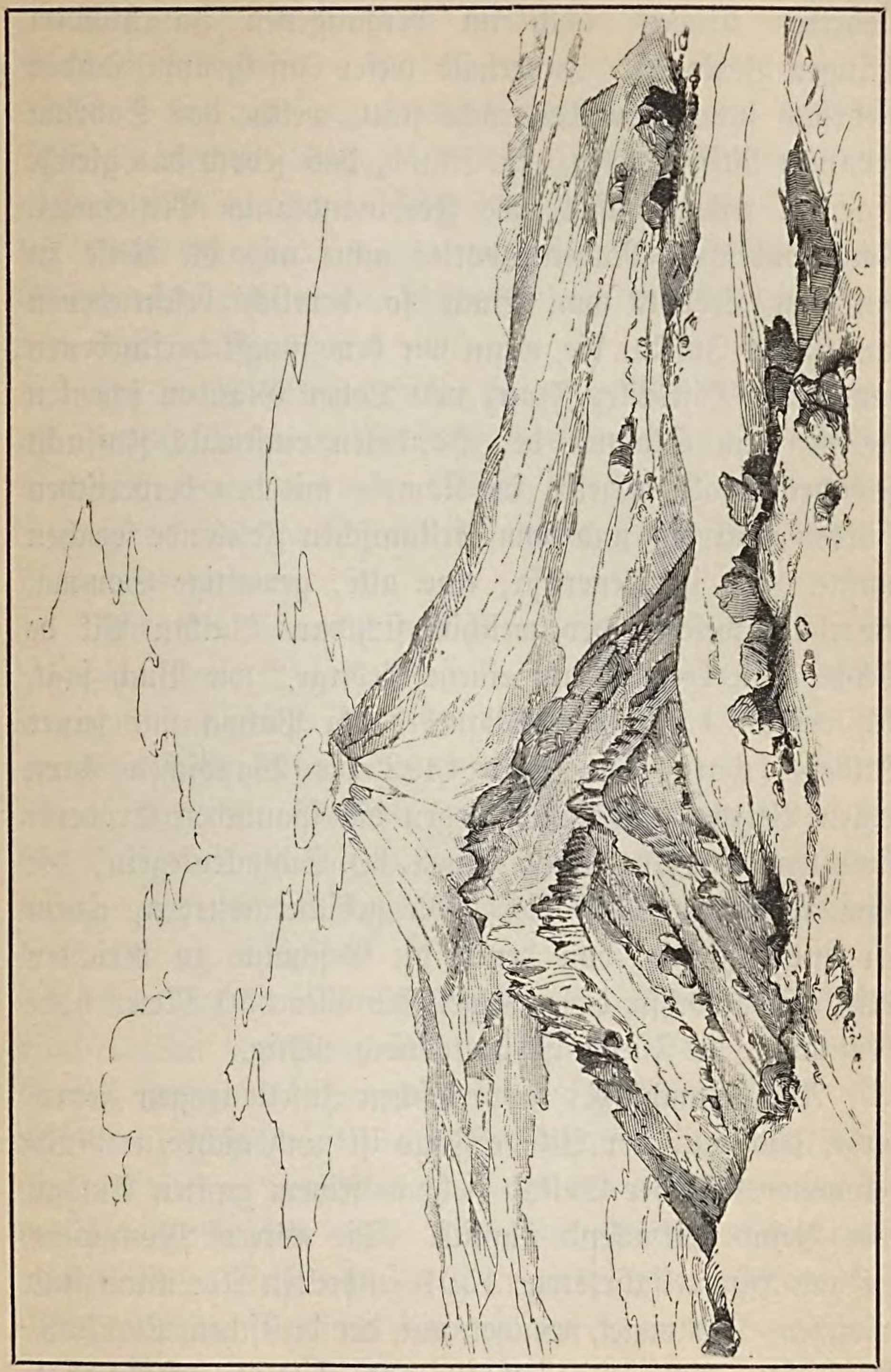


Fig. 21. Der Hekla. Nach Sartorius von Waltershausen.

mehreren teilweise noch im vergangenen Jahrhundert thätigen Vulkanen. Innerhalb dieser Inselgruppe fanden mehrfach submarine Ausbrüche statt, welche das Sabrina genannte Riff bildeten, ein Eiland, das jedoch das gleiche Schicksal teilen mußte, wie Ferdinandea im Mittelmeer. Am weinreichen Madeira vorbei führt uns die Reise zu den von Leopold von Buch so herrlich beschriebenen canarischen Inseln, die, wenn wir dem jüngst verstorbenen bayerischen Historiker Franz von Löher Glauben schenken wollen, dem Stamme der Vandalen einstmals Zuflucht gewährten, als derselbe im Kampfe mit den berberischen Horden unterlag und vom afrikanischen Festlande weichen mußte. Da ist Teneriffa, eine alte, gewaltige Somma, innerhalb welcher der weithin sichtbare Vulkan Pik de Teyde, „ein Gebirge auf einem Gebirge," wie Buch sagt, sich erhebt, dann San Miguel de la Palma mit seiner Caldera, worin im Jahre 1492 die Wandschen ihren letzten Verzweiflungskampf gegen die spanischen Eroberer kämpften, Lanzarote mit seinen 30 Schlackenkegeln, die beim Ausbruch 1730 bis 1735 gebildet wurden, einem der entsetzlichsten, von denen die Geschichte zu berichten weiß. Der höchste dieser Kegel, die über 550 Meter hohe Montanna de Fuego ist heute noch thätig.

Auch manche der capverdischen Inseln tragen Feuerberge, doch nur der Pik de Fogo ist noch nicht zur Ruhe gekommen. Dieser Vulkan sieht in seinem ganzen Aufbau dem Vesuv auffallend ähnlich. Die Green Mountains des am Himmelfahrtstage 1501 entdeckten Ascension sind erloschen. Krümmel, welcher mit der deutschen Plankton-Expedition vor drei Jahren das Eiland besucht hat,

schreibt, daß die Flanken dieser Berge von zahllosen Krateren bedeckt sind, so daß man vom Gipfel aus den Eindruck gewinnt, als befände man sich mitten in einer Mondlandschaft. Daß all die Kegel und Schlackentrichter nicht noch in den letzten Jahren gebrannt hätten," so sagt der Kieler Geograph, „das will einem angesichts solchen Bildes nicht einleuchten, und doch steht das für die letzten drei Jahrhunderte fest."

An der Westküste Afrikas steigt der Pik von Kamerun über 4000 Meter in die Höhe; derselbe trägt zwei große Kratere, Victoria und Albert. Spuren vulkanischer Thätigkeit sind auch sonst an dieser Seite des dunkeln Erdteils bekannt.

Der Pik Clarence auf Fernando Po an der südamerikanischen Ostküste befindet sich im Ruhezustand, dagegen sind viele der Feuerschlünde auf den kleinen Antillen noch mehr oder weniger aktiv, so der Morne Garon auf St. Vincent, die Solfatara Qualibou auf St. Lucie, die Montagne Pelée auf Martinique und noch andere mehr, Guadeloupe mit seiner berühmten Soufrière hier nicht zu vergessen.

Ein Kreis vulkanischer Berge umspannt das größte Wasserbecken der Erde, den pacifischen Ozean. Von den Anden Patagoniens an, woselbst der Feuerschein des Fitz-Roy des Nachts weit in die See hinaus sein Licht sendet, wie ein riesiger Leuchtturm, bis zu den aleutischen Inseln im fernen Norden zieht sich eine allerdings mehrfach unterbrochene Reihe von Feuerbergen an der amerikanischen Westküste hin. Da sind zunächst, auf kaum 13 Breitegrade zusammengedrängt, die Vulkane der chilenischen Cordilleren,

34 an der Zahl, darunter noch sehr viele thätige, so der gewaltige, 2735 Meter hohe Antuco und der noch höher (2879 Meter) in die Lüfte aufsteigende Chillan, ferner die Feuerschlünde Bolivias und Perus, mit dem mächtigen, an 6000 Meter hohen Sajama, dann die Vulkane von Quito, der nimmer ruhende Sangay, der Altar, der Antisana, der Cotopaxi und noch andere mehr. Am

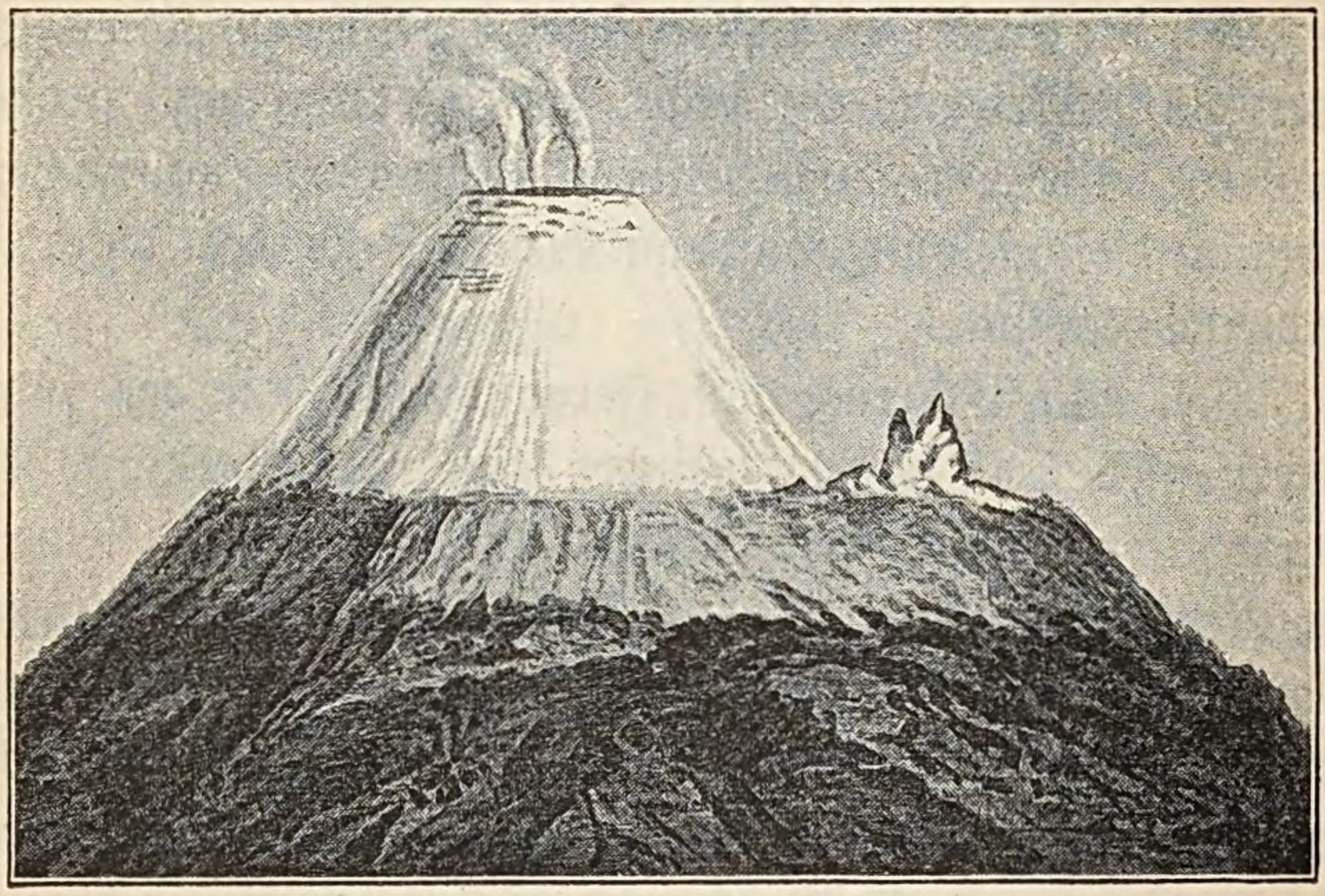


Fig. 22. Der Cotopaxi. Nach A. von Humboldt.

Anfang der Landenge von Panama erhebt sich der seiner Schlammeruptionen wegen berühmte Vulkan von Tolima, dessen Eigentümlichkeit übrigens verschiedene seiner südamerikanischen Brüder mit ihm teilen. Diese Schlammströme, die Lozadales oder Moyas, entstehen durch das plötzliche Schmelzen großer Eis- und Schneemassen bei den hohen Schneevulkanen der Cordilleren; die so

gebildeten Wassermengen sausen dann an den Gehängen der Berge nieder und reißen die hohen Gesteinsmassen mit sich fort. Die mit Blitzeseile herabstürzenden Schlammströme sind von der vernichtendsten Wirkung. Genau dieselbe Erscheinung findet sich bisweilen bei Vulkanen, deren Kegel größere Wasserbecken beherbergen, und es ist schon vorgekommen, daß beträchtliche Mengen von Organismen, als Wasserpflanzen, Infusorien, selbst Fische ausgeschleudert wurden, als bei einem Paroxysmus eines solchen Vulkans ein derartiges im Krater oder in den Flanken des Feuerberges befindliches Wasserbecken zusammenbrechen mußte. Der Vulkan von Imbambura soll im Jahre 1691 eine so ungeheure Menge von mit organischen Substanzen vermengtem Schlamm von sich gegeben haben, daß die Luft davon verpestete, und daß miasmatische Fieber in dessen Umgebung erzeugt wurden. Zu denjenigen Feuerbergen, deren Schlammergüsse besonders berüchtigt sind, ist der Tunguragua in Ecuador zu rechnen, der dadurch im Jahre 1797 unendliche Verwüstungen angerichtet hat, ebenso der Purace bei Popajan, dessen schrecklicher Schlammausbruch im November 1868 Verderben und unsägliches Elend über seine Nachbargebiete brachte.

„Die Schlamm- und Wasserausbrüche," so sagt Elisée Reclus, „sind nächst den Lavaergüssen und dem Aschenregen die hervorragendsten Erzeugnisse vulkanischer Thätigkeit, und die Verwüstungen, welche sie verursachen, sind vielleicht die allerschrecklichsten, deren die Geschichte Erwähnung thut. Diese plötzlich hereinbrechenden Schlamm- und Wasserfluten haben manche Städte vom Erdboden fortgefegt und ihre Trümmer unter sich begraben, ganze

bevölkerte Areale sind im Schlamm untergegangen und in öde Sumpfgegenden verwandelt worden; das Antlitz solcher Länder erscheint binnen wenigen Stunden wie umgewandelt."

Übrigens können Wasserergüsse bei einer vulkanischen Eruption auch dadurch zustande kommen, daß die aus dem Krater ausgeschleuderten Wasserdämpfe sich schnell verdichten und als gewaltige Regenmassen auf den Gehängen des Berges niederfallen; die losen Teile seines Kegels werden dann vom Wasser mit fortgerissen, und das mitgenommene Material am Fuße des Vulkans wieder abgesetzt. Solchen Ursachen verdanken die Tuff, Traß oder auch Piperno genannten Gesteine ihre Entstehung, und auf einen derartigen Ursprung sind wohl die erhärteten schlammartigen Massen zurückzuführen, welche seit 79 nach Christi Geburt Herculanum mit ihren bisweilen 45 Meter mächtigen Schichten bedecken und die Ausgrabungen in dieser römischen Stadt so sehr erschweren.

Zentralamerika besitzt allein für sich 82 feuerspeiende Berge, darunter 25 noch in Thätigkeit befindliche. Dieselben sind in zwei Richtungen angeordnet, deren eine der Küste des stillen Ozeans folgt, während die andere den Isthmus von Nicaragua durchquert.

„Nichts," so äußert sich Vélain, „könnte den eigentümlichen Anblick wiedergeben, welchen dieser Länderkomplex darbietet, auf welchem sich eine ununterbrochene Reihe gewaltiger Einzelkegel erhebt, deren kahle und dampfende Häupter herabschauen auf die felsigen und bewaldeten Bergketten, auf die reichen Baumwuchs tragenden Hochebenen und die sorgsam und reich bebauten Niederungen,

welche ihren Fuß umziehen.“ Wegen ihrer schreck=lichen Aschenausbrüche gehören diese Feuerberge zu den gefürchtetsten unseres Planeten. Hier steht der schon mehr=fach von uns erwähnte Coseguina, der Izalco, dessen den Schiffern wohlbekannter roter Feuerschein dem Berg den Namen des Leuchtfeuers von San Salvador verschafft hat, und der in historischer Zeit (1770) entstand, der Masaya, aus dessen Krater die Spanier bei der Eroberung des Landes geschmolzenes Gold holen wollten, wofür sie die glutflüssige, im Feuerschlund brodelnde Lava hielten, der wegen seines Wasserausbruchs im Jahre 1541 be=rühmte Volcan del Agua, und sein bedeutende Lava=ströme entsendender Nachbar Volcan de Fuego. Im Reiche Montezumas, in Mexiko, treffen wir auf der Hoch=ebene von Anahuak die ewig rauchenden Gipfel des Orizaba, des Tuxtla, des Colima, des Popocatepetl und des Xorullo. Dieser Vulkan entstand wie sein Bruder, der Izalco, gewissermaßen über Nacht, im Jahre 1759 auf einer wohlkultivierten Ebene, die mit Indigostauden, Zuckerrohr und Baumwollesträuchern bepflanzt war. Seine Umgebung war wie besät mit kleinen, nur wenige Meter hohen Auswurfskegeln, den Hornitos, was so viel heißen will, als Öfen. Alexander von Humboldt erzählt, daß mehrere derselben bei seinem Besuche des Xorullo im Jahre 1802 noch hohe Rauchsäulen ausgestoßen hätten.

Die Sierra Nevada in Californien besitzt im Mount Diabolo einen heute erloschenen Feuerberg, doch kann die nordamerikanische Union auch noch thätige Vulkane auf=weisen, so den Mount Hood und den Mount Baker in Oregon, beide über 3500 Meter hoch. Im englischen

Columbien steigt der Mount Fair-Weather (4380 Meter) auf, und die höchste Erhebung des nordamerikanischen Kontinentes, der St. Eliasberg, der noch immer Lavaergüsse haben soll. Dann folgen, indem die Vulkanlinie halbkreisförmig gegen Osten umbiegt, die Feuerberge Alaskas, fünf an der Zahl, deren gewaltigster der Klenna heißt, und die 34 Feuerschlünde der Aleuten, alle mehr oder weniger in Thätigkeit. Alaskas Südwestspitze war im Oktober 1883 der Schauplatz einer schrecklichen Eruption, welche jene entlegenen Gegenden nicht minder heimgesucht hat, als der kurz vorher stattgehabte Paroxysmus des Krakatau die herrlichen Gefilde der Sundastraße. Der St. Augustinberg auf der Insel Chernabura hatte sich gespalten und einen ungeheuren Ausbruch erlitten.

Treten wir auf den asiatischen Erdteil über, so stoßen wir auf die Vulkane Kamtschatkas. Hier steht eine beträchtliche Zahl von der Längsrichtung der Insel nach angeordneten Kegeln, so der direkt aus dem Meere 5000 Meter hoch sich erhebende Kliontschevskoï. Die Feuerberge der Kurilen mit etwa zwanzig Krateren, deren zehn noch aktiv sind, schließen sich weiter südlich an, und ihnen folgt wiederum die prächtige Vulkanreihe Japans, darunter der als Wallfahrtsort und wegen seiner regelmäßigen Kegelgestalt weit berühmte Fusi-Yama, ferner, noch weiter nach Süden zu der Archipel der Liukiuinseln mit dem Yokunosima, dann das Eiland Formosa mit seinen drei noch thätigen und mehreren erst seit kurzem erloschenen Feuerbergen. Die Kette setzt sich weiter fort in den Philippinen mit dem in einem See gelegenen Taal und noch vielen anderen Feuerschlünden, in den

Molukken, welche ähnliche Verhältnisse aufweisen — hier befindet sich der durch seine gewaltigen und oftmals wiederholten Paroxysmen so berüchtigte Gunung Gamalama auf der Insel Ternate — in den Salomon-Inseln mit den stets thätigen Semoya-Vulkanen, in denjenigen von Tanna, Loperi und Matthew auf den neuen Hebriden, dann in den Krateren der Viti-Inseln, um endlich das große Vulkangebiet Neuseelands, das in einem etwa 600 Quadratkilometer großen Areale an 63 Feuerberge beherbergt und erst kürzlich wieder von gewaltigen Eruptionen heimgesucht wurde, zu erreichen. Auch nahe dem Südpol, in der Antarktis, sind die vulkanischen Kräfte in hohem Maße entfesselt. Viktorialand trägt eine lange Reihe von Feuerbergen, so die im Jahre 1842 von James Roß entdeckten Mount Erebus und Mount Terror, die damals eben in Eruption begriffen waren.

Das ist der ungeheure Gürtel vulkanischer Berge, welcher das größte Wasserbecken unserer Erde, den Pacific umspannt hält, in dessen nördlicher Hälfte, ungefähr gleichweit vom amerikanischen als vom asiatischen Kontinente entfernt, wir die Hawai-Inseln erblicken, deren Feuerschlünde, so der Ma'una Loa, uns schon alte Bekannte sind. Man nennt diese letzteren mit Recht die merkwürdigsten Vulkane der Erdoberfläche, einesteils wegen ihrer ganz besonderen Art der Thätigkeit, die ja, wie wir sahen, in einfachen, aber vielfach ganz ungeheuren Ergüssen glasiger Laven ohne jeden Aschenregen oder sonstigen Ausbruch losen Auswurfsmaterials besteht, andererseits aber ihrer ganz eigentümlichen Lage halber, fern im stillen Weltmeer, ohne jegliche Verbindung mit

anderen Feuerbergen. Auch sonst tauchen aus der weiten Fläche des pacifischen Ozeans noch manche vulkanische Inseln auf, die wir nicht alle hier anführen können.

Nicht so vollkommen geschlossen erscheint der Kreis der Vulkane, welche in den indischen Ozean hinausleuchten. Nach Nordosten hin begrenzen die in niederländischem Besitze befindlichen Inseln Sumatra, Java, Sumbava, Flores, Timor und noch andere mehr dieses große vom Wasser eingenommene Gebiet, die Reste eines ehemaligen Festlandes, eines zertrümmerten Isthmus, der schon vor Zeiten Australien mit Indien verband. Über 100 Vulkane befinden sich hier, und aus den Schloten der allermeisten strömt fortwährend Dampf und Rauch hervor. Java zählt allein 45 Feuerberge. Hier war der Sitz des Gottes Siva, von dem das Verderben und die Zerstörung ausgeht, und in den Krateren der Vulkane selbst wurde derselbe verehrt, hier standen die ihm geweihten Heiligtümer und Tempel. Da ist der Gulungung, dessen Ausbruch vom Jahre 1823 noch in schrecklichem Angedenken bei den Bewohnern Javas steht, der Sambing, der Tengger und der unheimliche Papandayang (Seite 112), ferner der thätigste Vulkan der Insel, der Guntur, welcher einige Male jährlich unter mächtigem Gebrüll Asche, Sand und Schlacken auswirft.*) Gewisse Vulkane Javas zeigen

---

*) Die frühere Annahme, daß die Vulkane des niederländischen Archipels keine Laven ergießen, und die daraus gezogene Folgerung, die vulkanische Thätigkeit sei daselbst im Abnehmen, wurde in jüngster Zeit durch die Beobachtungen des niederländischen Bergingenieurs R. Fennema auf Java hinfällig. So hat der Semeru, der höchste Berg der Insel, im April 1885 große Mengen Lava

tiefe Furchen, welche sich an den Flanken ihrer manchmal sehr regelmäßigen Kegel herabziehen. Die heftigen im Bereiche der Passate herrschenden Regengüsse haben diese Schluchten ausgewaschen.

Wir reisen weiter nach Nordwesten und gelangen über die Nikobaren und Andamanen zum Barren-Eiland im bengalischen Meerbusen, einem einzigen Vulkan, dessen Kegel von einer Somma, in welche das Meer eingebrochen ist, umrahmt wird. Als man die Insel im Jahre 1792 entdeckte, befand sie sich gerade in einem Paroxysmus, und noch im Jahre 1803 hat sie regelmäßig, von je zehn zu zehn Minuten, Ausbrüche erlebt. Jetzt soll der Kegel nur noch schwache Dämpfe von sich geben. An der Coromandelküste sind mehrfach unterseeische Ausbrüche beobachtet worden, am Eingang zum roten Meer halten der Djebel Tarr und die Feuerschlünde der Saddle-Insel Wacht, die Küste Arabiens wird von verschiedentlichen feuerspeienden Bergen umsäumt, ebenso diejenige Abessiniens. Im Somalilande hat man Vulkane angetroffen, der Kenia und der Kilima-Ndscharo in Ostafrika sind solche, Madagaskar kann auch etliche aufweisen, nicht minder die kleinen Inseln in seiner Umgebung, wie Nossi-Bé mit seinen berühmten Maaren (Seite 53). Die Mascarenen, dann die Insel Réunion, die heute erloschenen Feuerberge der Crozet- und der Prinz-Edwards-Inseln, Kerguelen-Eiland und Deception mit seinem im Mofettenzustande befindlichen Vulkan schließen den Kreis nach Süden zu

---

ausfließen lassen, die man auf 3—400,000 Kubikmeter schätzt. Gleiches weiß man vom Lemongan auf derselben Insel, von welchem erwiesen ist, daß er auch schon in früheren Jahren Lavaausbrüche gehabt hat.

ab. Vereinsamt im indischen Ozean treten ferner die Neu-Amsterdam-Insel auf, mit ihrem gewaltigen, noch vor 200 Jahren geschlossenen, heute aber von den Meereswogen durchnagten Krater, welcher zur Zeit noch Dampf-Exhalationen von sich giebt, und St. Paul, dessen vulkanische Natur der berühmte englische Naturforscher Darwin angezweifelt hat. Doch ist durch die Fregatte Novara, deren Gelehrte auf der bekannten Weltumsegelung dieses Schiffes auf St. Paul landeten, dargethan, daß es einen gewaltigen, erstorbenen Krater darstellt.

Die meisten im Innern des Festlandes befindlichen Feuerberge sind wohl zu einer Zeit entstanden, da die Verteilung von Land und Meer noch eine andere war, wie diejenigen der Eifel, oder an den Ufern großer, nunmehr verschwundener Wasserbecken, wie die Vulkane der Auvergne. Zwischen dem kaspischen und dem schwarzen Meere erhebt sich die armenische Vulkanreihe mit dem noch im 15. Jahrhundert thätigen Ararat, an erloschenen Feuerschlünden ist der Kaukasus nicht eben arm, Persien besitzt den 6500 Meter hohen, im Solfatarenstadium befindlichen Demavend, und auch im innersten Asien sind erstorbene Vulkankegel bekannt, ja sogar ein etwas mythischer Berg, der Peschan, der noch thätig sein soll. Chinesische Autoren haben über Eruptionen desselben berichtet, doch sind diese Daten so wenig bestimmter Art, daß es gewagt erscheinen möchte, auf dieselben irgendwie bauen zu wollen. Es dürfte recht wohl möglich sein, daß dieser Peschan ebensowenig existierte, als verschiedene andere Pseudovulkane in jenen Gegenden, deren feuerspeiende Natur bei näherer Untersuchung in nichts zusammenfiel.

Sechstes Kapitel.

Über die Ursachen der vulkanischen Erscheinungen.

Allgemeines. Die Rolle des Wassers bei vulkanischen Ausbrüchen. Wie dringt Wasser in die Tiefen der Erde ein? Kapillare und diffusive Wanderung des Wassers in den Gesteinen des Erdinnern. Das Verhalten des Wassers gegenüber dem glutflüssigen Magma. Ursachen der Wassergüsse bei vulkanischen Eruptionen. Die Beteiligung der Wasserdämpfe am Aufsteigen der Laven im Vulkanschlot. Über die Herkunft der übrigen im Magma enthaltenen gas- und dampfförmigen Substanzen. Weitere Gründe für den Auftrieb der Laven. Tektonische Ursachen kommen bei den vulkanischen Erscheinungen zur Wirkung. Südamerika als Beispiel hierfür. Die Theorie von der Existenz verschiedener Lavaseen im Erdinnern. Stützen dieser Annahme und deren Stichhaltigkeit. Alles spricht für das Vorhandensein eines gemeinsamen Feuerozeans in der Tiefe unseres Planeten. Auch mit der Voraussetzung eines starren Erdkörpers lassen sich nach Reyer die vulkanischen Erscheinungen in Einklang bringen. Die Erhebungstheorie L. von Buchs.

Daß eine in der festen Erdkruste vorhandene Spalte, eine zwischen der Oberfläche und den Tiefen unseres Planeten hergestellte Verbindung die erste Grundbedingung

für die Herausbildung eines Vulkans ist, das haben wir schon weiter oben gesehen. Desgleichen haben wir betont, daß das im Erdinnern befindliche glutflüssige Material mit den verschiedensten Gasen, in erster Linie aber mit Wasserdämpfen durchtränkt ist, welche unter so hoher Spannung sind, daß dieselben in dem Augenblick, in welchem diese gemindert wird — durch das Sichöffnen einer Spalte — mit gewaltiger Explosionskraft hervorbrechen müssen und das glutflüssige Magma mit sich emporreißen. In dem Innern unseres Planeten können eigentlich Wasserdämpfe nicht mehr vorhanden sein, wenn wir der Kant-Laplace'schen Theorie Glauben schenken wollen, aus dem sehr guten Grunde nicht, weil dieselben, als spezifisch sehr leicht, in den äußeren Regionen des glühenden Gasballs schweben mußten und noch gasförmig blieben, als sich die den inneren Teil der Erde bildenden Substanzen schon längst verdichtet hatten. Da wir nun heutzutage auf das bestimmteste wissen, daß bei den allermeisten, wenn nicht gar bei allen Vulkanausbrüchen das Wasser eine bedeutende Rolle spielt, so muß sich uns naturgemäß die Frage aufdrängen: woher kommt denn dieses Wasser? Aus ursprünglicher Zeit her ist es in den Tiefen unserer Erde nicht mehr vorhanden, es muß dasselbe also von der Oberfläche aus eindringen, um mit dem in ihrem Schoße ruhenden glutflüssigen Magma zusammenzutreffen. Die Beschränkung der thätigen Vulkane auf wasserreiche Gebiete ist, so sagt der österreichische Gelehrte Reyer in seinem Buche über theoretische Geologie, eine Erscheinung, die unerklärlich bleibt, wenn man nicht zugibt, das Magma werde durch Wasser wesentlich beeinflußt. Man

ist sich darüber klar, daß das Wasser sowohl die innere Beweglichkeit der Laven selbst, als auch die Ausbruchs-phänomene bedingt. Das Grund- resp. Seewasser dringt nach dem Genannten durch Spalten, deren Ursachen in oftmals mit Erdbeben verbundenen Dislokationen des Felsgerüstes unserer Erde zu suchen sind, in deren Inneres ein. Aber noch auf eine andere Weise, so führt Reyer weiter aus, kann Wasser in die Tiefe geführt werden, und zwar infolge der Porosität der Gesteine. „Ein feuchter Stein," so sagt er, „läßt seine Feuchtigkeit nicht etwa, der Gravitation zufolge, in Tropfen fallen, er wird vielmehr, wenn wir ihn auf eine Wasserfläche legen, noch Wasser aufnehmen, welches dann der Schwerkraft entgegen in seinen Poren aufwärts wandert, solange, bis er gesättigt ist. So verhält sich auch die ganze Erdmasse. Unbekümmert um die Gravitation verfolgen die Gewässer durch die zarten Poren und Spalten der Gesteine ihren Weg." Alle Gesteine unserer Erde aber sind von einem förmlichen Netze feiner und feinster Haarspalten durchzogen, in welchen die von oben her einsickernden Gewässer ständig zirkulieren. Kein Gestein, kein Mineral ist absolut undurchlässig und undurchdringlich für diese letzteren. Wir werden diesen Umstand in einem späteren Kapitel noch eingehender kennen lernen.

Das in das Erdinnere vordringende Wasser muß aber auf seiner Wanderung endlich eine Tiefe erreichen, in welcher es nicht mehr flüssig sein, sondern nur mehr noch als Dampf bestehen kann. Da uns nun bekannt ist, daß glühende Metalle für Gase durchlässig sind, daß diese letzteren durch die ersteren zu diffundieren vermögen, wie

durch eine Reihe schöner Versuche nachgewiesen worden ist, welche wir Deville und Troost verdanken, da wir ferner wissen, daß sich in dieser Beziehung gerade der Wasserstoff durch große Beweglichkeit auszeichnet, so dürfen wir mit vollem Rechte annehmen, daß Wasser, welches bis zur Region der Verdampfung vorgedrungen ist, von dieser ab seinen Weg in Dampfform fortsetzen wird, daß also aus einer kapillaren Wanderung desselben eine diffusive wird. Ein berühmter französischer Geologe und ein Meister auf dem experimentellen Gebiete seiner Wissenschaft, Daubrée in Paris, hat diese Diffusion von Wasserdampf durch ein festes Gesteinsstück hindurch vermittelst eines einfachen und schönen Versuches gezeigt.*) Sie ist also bewiesen.

Es frägt sich nun, wie sich das dergestalt ins Erdinnere eindringende Wasser bei seinem Zusammentreffen mit dem glutflüssigen Magma verhalten wird. In genialer Weise hat Reyer ausgeführt, daß, wenn kaltes Wasser an der Erdoberfläche mit dem glühenden Eruptivbrei zusammenstößt, und zwar unter normalen Druckverhältnissen und während eines Ausbruchs, dasselbe sich im ersten Momente von der Lava sondern, dann aber explodieren wird. So hat schon der italienische Forscher Spalanzani die von starker Dampfbildung begleiteten Explosionen, welche man oftmals bei vulkanischen Ausbrüchen zu beobachten in der Lage ist, erklärt. Kommt aber in der Tiefe heißes Wasser mit heißem Gesteins-

---

*) In seinem Werk: Etudes synthétiques de Géologie expérimentale, Paris 1879.

magma in Berührung, so wird keine Sonderung eintreten, das glühende Wasser wird im Gegenteil von Magma absorbiert, vorausgesetzt, daß letzteres nicht schon den herrschenden Temperatur- und Druckverhältnissen entsprechend mit Wasser durchtränkt gewesen ist. Kann nun in großer Tiefe Wasser unzersetzt bestehen, oder wird ein Zerfallen desselben in seine Elemente, eine Dissoziation eintreten? Letzteres müßte nach den Darlegungen von Reyer infolge der im Erdinnern herrschenden hohen Temperatur teilweise der Fall sein, wenn nicht der mächtige Druck die dissoziierende Wirkung hinderte. Demnach dürfte man wohl in größeren Tiefen unseres Planeten glühendes, nicht dissoziiertes Wasser antreffen. „Natürlich," fährt Reyer fort, „ändern sich die Assoziationen, wenn das Magma zur Eruption gelangt. In diesem Falle wird der Druck und seine assoziierende Wirkung aufgehoben werden, und die dissoziierende Macht der hohen Temperatur kommt zur Geltung. Die Lösung wird zu Gas, die Verbindung zerfällt in ihre Bestandteile. Erst in den kühleren Teilen des Kraters kann die Vereinigung, eine Reassoziation, wieder stattfinden. Die Detonationen, welche die Eruption begleiten, können zum Teil durch diese Verbindung bedingt sein; insbesondere wirksam ist in diesem Falle die Reassoziation von Sauerstoff und Wasserstoff."

Nach jeder starken Gasförderung des Vulkans, nach jedem Dampfschuß, besonders nach namhaften Explosionen, erfolgt das Niedersaugen der umgebenden Luft in den Krater, und diese saugende Wirkung ist in solchen Fällen, ähnlich wie bei den Explosionen großer Pulvermassen, oft auf weite Entfernung hin fühlbar. Reyer führt auf

diese Ursache das Auffliegen der Thüren und Fenster vieler Häuser von Neapel beim großen Ausbruch von 1631, über den wir schon berichtet haben, zurück.

Aus den hier ausgeführten Umständen dürfte erhellen, daß Wassergüsse bei einem vulkanischen Ausbruch sehr wohl aus dem Eruptionskanal des Feuerberges selbst herstammen können, wenn auch in den allermeisten Fällen größere Wasseransammlungen im Kraterbecken u. s. f. die Ursache dieser Erscheinungen sein dürften. Dies ist z. B. bei dem Paroxysmus des Imbaburu in Ecuador vom Jahre 1691 der Fall gewesen. In seinem Krater war zuvor ein großer fischreicher See, dessen Inhalt beim Ausbruch herausgeblasen wurde, so daß die ganze Umgegend unter den bösen Ausdünstungen litt, welche infolge der damit ausgeschleuderten Massen von Schlamm und in Verwesung übergehenden toten Fischen entstanden.

Die Wasserdämpfe sind demnach von nicht zu unterschätzender Wirkung bei den vulkanischen Eruptionen. Ihre Spannkraft hat großen Anteil am Auftrieb der Lavamassen und ermöglicht denselben, in oftmals sehr beträchtliche Höhen aufzusteigen. Der 4268 Meter hohe Vulkan del Fuego in Guatemala hat doch zu wiederholten Malen schon bedeutende Lavamengen aus seinem Gipfelkrater ergossen! Wenn man aber eine befriedigende Lösung für die Frage nach der Herkunft der Wasserdämpfe im glühenden Magma hat, so ist gleiches nicht der Fall für diejenige nach der Provenienz der meisten übrigen gas- und dampfförmigen Substanzen, welche sonst noch darin enthalten sind (Seite 106). Die Mehrzahl der Geologen ist sich darüber einig, daß die besagten Stoffe schon

ursprünglich dem Magma angehören, daß dieselben, wie Lapparent sagt, von Anfang an im glutflüssigen Erdinnern eingekerkert waren und jetzt, bei allmähliger Erkaltung desselben, das Bestreben zeigen, ihrem Gefängnis zu entweichen. Es ist eben auch hier noch vieles dunkel und ungewiß, und dem Forscher bleibt noch ein weites Feld offen, worauf er seinen Scharfsinn und seinen Geist erproben kann.

Aber es ist nicht die Spannkraft der dem Erdinnern entweichenden Gase und Dämpfe allein, welche die Ursache des Aufsteigens der Lava im Vulkanschlot ist. Hydrostatische Umstände spielen auch eine Rolle mit, das dürfte wohl zweifellos sein, indem die Schwere der den Vulkanschlot umgebenden Gesteine sicherlich großen Anteil am Austreten und am Aufquellen des Magma nimmt. Übrigens ist auch schon behauptet worden, das glutflüssige Gesteinsmaterial würde förmlich herausgepreßt. Wie wir auf Seite 49 sahen, ist die Erdkruste bestrebt, sich dem stets mehr und mehr zur Verdichtung gelangenden Erdinnern anzupassen. Dabei runzelt und faltet sich dieselbe und zerfällt in eine große Anzahl von Schollen. Sinkt eine dieser Schollen, wenn auch ganz unmerklich nur, in die Tiefe, so wird dadurch Magma herausgequetscht. Cordier hat berechnet, daß, wenn sich die gesamte Erdkruste nur um 1 Millimeter zusammenzöge, dieser Umstand an und für sich schon genügen würde, 500 vulkanische Ausbruchsstellen mit den nötigen Lavaströmen zu versehen, deren jeder den Inhalt eines Kubikkilometers hätte. Lavaergüsse, die nur den achten Teil dieses Umfanges besitzen, gehören aber zu den allerseltensten Vorkommnissen. Daß Ver-

schiebungen innerhalb des Erdgerüstes unserer Erde, daß tektonische Ursachen, wie man dergleichen benennt, bei den vulkanischen Erscheinungen mit ins Spiel kommen, das ist uns schon bekannt geworden. Die eigentümliche Beschränkung der Vulkane auf die Umrandung der Ozeane, die mit nur wenigen, zum Teil noch zweifelhaften Ausnahmen als Regel gelten kann, Verhältnisse, die wir ebenfalls schon kennen gelernt haben, spricht ganz besonders dafür. Die Meere sind die Depressionsgebiete unseres Planeten, eingesunkene, oder teilweise vielleicht noch im Einsinken begriffene große Schollenkomplexe der Erdfeste, die Festländer dagegen die erhöhten Stellen derselben. Wir verweisen auf Seite 50 und auf das ebendort abgedruckte schematische Bild, um uns diesen Umstand und die Art und Weise, wieso derartige Depressionen und entsprechende Auftreibungen der Erdkruste entstehen, wieder in Erinnerung zu bringen. Dort, wo die faltende Kraft ihre stärksten Wirkungen hervorgebracht hat, werden sich in erster Linie die Spalten in der Erdrinde, die Vorbedingungen für das Auftreten der Vulkane, zeigen. Betrachten wir, um uns das recht zu veranschaulichen, eine Landkarte Südamerikas. An der Westküste dieses Kontinents ist ein gewaltiges Gebirge aufgeworfen, dessen Entstehung auf die vorerwähnten Ursachen zurückgeführt werden muß, ein Faltengebirge im vollen Sinne des Wortes, die Kette der Kordilleren. Hier verlaufen in nordsüdlicher Richtung mehrere große Bruchlinien, und hier hat vulkanische Thätigkeit auch die riesigen Feuerberge aufgebaut, deren bedeutendere wir im vorigen Kapitel aufgezählt und kurz beschrieben haben. Entsprechend dem

steilen Abfall des Kontinents zeigt auch der Ozean an dieser Stelle der Erdoberfläche verhältnismäßig große Tiefen, darüber kann uns jede Höhen- und Tiefenkarte unseres Planeten sofort belehren. Die Ostküste Südamerikas ist verhältnismäßig flach, und das Meer, welches dieselbe bespült, nur seicht und wenig tief. Steile Bruchränder des Festlandes gegen den Ozean zu sind hier nur an verhältnismäßig wenigen Stellen vorhanden, die Depression der Erdfeste ist hier eine nur geringe, zur Bildung von Spalten ist's also nicht gekommen, und daher läßt sich auch der fast gänzliche Mangel an Feuerbergen auf dieser Seite des Kontinents leicht erklären. Nicht immer liegen die tektonischen Verhältnisse so klar und deutlich zu Tage, wie im soeben erläuterten Falle, doch sind wir meist in der Lage, aus einer Reihe anderer Umstände auf das Vorhandensein von Bruchstellen überall da zu schließen, woselbst Vulkane vorhanden sind.

In neuerer Zeit findet die Ansicht, daß nicht ein gemeinsamer Feuerherd alle Vulkane speise, sondern daß verschiedene Behälter feurig-flüssigen Magmas im Innern der Erde vorhanden seien, wieder ihre Anhänger und ihre Verfechter. Eine ähnliche Anschauung hat ja schon vor mehreren hundert Jahren der Jesuitenpater Athanasius Kircher gehabt (Seite 46). Die Vertreter dieser Theorie sind der Meinung, daß jeder Vulkan oder wenigstens jede Gruppe benachbarter Feuerberge ihren besonderen Herd habe, und zwar soll sich derselbe in relativ geringer Tiefe befinden. Der Gründe, welche zur Stütze dieser Annahme dienen, sind besonders zwei, einmal der Umstand, daß Feuerberge ein und derselben Gegend in ihren Eruptionen

keinerlei Beziehungen zu einander erkennen lassen, was doch der Fall sein müßte, wenn ihre Laven einem gemeinsamen Behälter entstiegen. So führt man an, daß der Vesuv bald gleichzeitig mit seinem größeren Nachbar, dem Ätna, einen Paroxysmus erleidet, bald allein thätig ist, während dieser letztere sich vollkommen ruhig verhält, daß dann wiederum der Feuerberg Siziliens in erhöhte wuchtige Aktion tritt, während der Vesuv im Ruhezustand verharrt u. s. f. Auch der Umstand, daß beim Ausbruch des Ätna im Jahre 1865, wobei die Lava aus dessen Gipfelkrater ausfloß, also an 3300 Meter hoch gestiegen war, im Feuerschlund von Stromboli nur eine einmalige heftige Aufwallung des glutflüssigen Gesteinsbreies erfolgt sei, dann aber keinerlei abnorme Eruptionsthätigkeit mehr zu verspüren war, während auf Volcano sogar nicht die geringsten außergewöhnlichen Verhältnisse bemerkt werden konnten, soll als Beweis für diese besagte Ansicht gelten. Stieg also die Lava bis auf die erwähnte beträchtliche Höhe des Ätnakraters, ohne daß die beiden anderen Feuerberge in Aktion traten, so ist es nicht denkbar, sagen die Anhänger der Theorie, daß alle jene Vulkanschlote in einen gemeinschaftlichen Feuerozean niedertauchen.

Dies der eine Einwurf. Der andere besteht darin, daß in der mineralischen Zusammensetzung der Lava aktueller Vulkane oftmals große Verschiedenheit herrscht, was bei der Voraussetzung eines gemeinsamen Reservoirs glutflüssigen Magmas ebenfalls nicht verständlich wäre. So wirft der Vesuv in der Gegenwart bekanntlich leucitische Laven aus, während die Produkte des Georgios und der Insel Aphroëssa auf Santorin aus trachytischen,

aus saueren Laven bestehen. Ebenso besteht ein Unterschied in der mineralischen Zusammensetzung der Laven des Vesuv und des Ätna. Übrigens bleibt sich diese bei ein und demselben Feuerberg auch nicht immer gleich. Der Vesuv hat in vorhistorischer Zeit sauerere Laven hergegeben, als später, wie die kieselsäurereichen Gesteine der Somma bewiesen, und gewissen isländischen Feuerbergen, wir nennen hier als Beispiel den Hekla, entquillt bald saueres, bald basisches Magma. Man wird zur Erklärung dieser Thatsachen annehmen müssen, daß auch im Innern der Erde das Magma in verschiedenen Tiefen nicht dasselbe und seinem spezifischen Gewichte gemäß gesondert ist. Dasjenige der basischen Laven ist größer, es schwankt, wie wir sahen, zwischen 2,95 bis 3,10, während das der saueren Laven 2,8 niemals übersteigen dürfte. Demnach wird es von der Tiefe des Eruptionsherdes abhängen, welche Zusammensetzung in mineralischer Beziehung die Laven des betreffenden Vulkans und seiner verschiedenen Ausbruchsperioden haben werden. Mischen sich die basischen und die saueren Magmen miteinander, so wird die Folge davon das Aufsteigen von Laven sein, die, was ihre mineralische Zusammensetzung betrifft, eine Mittelstellung zwischen den saueren und den basischen Endgliedern in den Produkten ein und desselben Feuerbergs oder einer Gruppe von solchen einnehmen. Islands Vulkane und die von denselben an die Erdoberfläche geförderten Gesteine zeigen das aufs schönste, und dem Erfinder der Spektralanalyse, dem großen Chemiker Bunsen in Heidelberg, gebührt der Ruhm, diesen Umstand zuerst in seiner vollen Bedeutung gewürdigt zu haben. Auf

Grund seiner an Ort und Stelle selbst gemachten Wahrnehmungen konnte der genannte Gelehrte klarlegen, daß auf besagtem Eiland zwei vulkanische Gesteine vorkommen, deren eines etwa 76,67 Prozent Kieselsäure enthält, also eine sauere Lava darstellt. Bunsen hat dasselbe Normaltrachyt genannt. Das andere Gestein hat nur einen Kieselsäuregehalt von 48,47 Teilen auf hundert; es ist der Normalbasalt Bunsens. Neben den Laven von den erwähnten beiden Typen finden sich auf Island aber auch noch andere vor, die beide Gesteinsarten miteinander verbinden, also Mittelglieder zwischen Normaltrachyt und Normalbasalt, und Bunsen hat auf dem Wege chemischer Analyse den Beweis dafür erbracht, daß dieselben wirklich nur eine Mischung normaltrachytischen und normalbasaltischen Magmas sein können.

Prüfen wir gewissenhaft das Für und das Wider einen gemeinsamen Feuerherd aller Vulkane unter Berücksichtigung der im Vorhergehenden ausgeführten Thatsachen, so will uns scheinen, daß die Einwürfe gegen einen solchen doch nicht recht stichhaltig sind, wenn wir auch ehrlich zugestehen müssen, daß wir für mancherlei vulkanische Erscheinungen noch keine zufriedenstellende Erklärung zu geben vermögen. Dies ist z. B. der Fall für den ersten der genannten Einwürfe, wenn es auch an Versuchen, diesen völlig zu entkräften, nicht gefehlt hat. Leider sind dieselben nicht so ganz gelungen, wie wir glauben. Nimmt man aber an, sagt Lapparent, daß unter jedem der zahlreichen Feuerberge, die den stillen Ozean umsäumen, ein besonderer See glutflüssigen Magmas im Erdinnern vorhanden sei, so ist man mindestens

ebensogut zur Behauptung berechtigt, daß auch unter jedem der vielen Lateralkegel des Ätna besondere Behälter feuriger Lava bestehen müßten. Und das wäre doch eine gänzlich unhaltbare Ansicht! Auch zusammenhängende größere feurig-flüssige Zonen im Innern der Erde, deren jede einem der Vulkanzüge am Pacific entspräche, dürften nicht existieren, denn überall fast, wo auf hoher See Lotungen vorgenommen worden sind, konnte festgestellt werden, daß der Meeresgrund mit vulkanischen Tuffen bedeckt ist. Die Ansicht, daß im Untergrunde des stillen Weltmeers ein riesiger Feuerozean wogt, muß sich dabei doch jedem nachdenkenden Menschen aufdrängen. Die Ausdehnung dieses Ozeans ist aber im Verhältnis zur Größe unserer Erde eine so gewaltige, daß am Zusammenhang desselben mit allen den verschiedenen Magma-reservoirs, deren Vorhandensein man dann unter dem atlantischen, dem mittelländischen und den polaren Meeren voraussetzen müßte, zu zweifeln einfach kindisch wäre. Wenn wir die vulkanischen Erscheinungen in ihrer Gesamtheit zusammenfassen, so sind dieselben überall auf Erden gleich, und zwischen den Äußerungen dieser Kraft an zwei verschiedenen Stellen der Erdoberfläche unseres Planeten, so z. B. im Mittelmeer und auf den Inseln der Sundastraße, bestehen geringere Unterschiede, als zwischen denjenigen an verschiedenen Feuerbergen ein und derselben Gegend, wie beispielsweise zwischen dem Ätna, den liparischen Inseln und Santorin.

In der Einleitung zu diesem Buche (Seite 36) haben wir bemerkt, daß es auch an geistreichen Versuchen nicht gefehlt hat, die Annahme eines völlig starren Erdkörpers

in Einklang zu bringen mit den vulkanischen Phänomenen. Auf diesem Gebiete ist besonders E. Reyer, ein österreichischer Geologe, dem wir ja schon des öfteren begegnet sind, mit Erfolg thätig gewesen. Seine Erklärungsversuche gipfeln in der Behauptung, daß selbst gänzlich starre Gesteine unter geeigneten Umständen wieder in den Zustand flüssigen Magmas übergeführt werden und somit zur Eruption gelangen können. Das Erdinnere ist nach Reyer starr, infolge des gewaltigen darauf lastenden Drucks. Vermindert sich dieser aber stellenweise, oder wird derselbe gar gänzlich aufgehoben, so muß das Erdmagma wieder weich und ausbruchsfähig werden. Thut man Paraffin in eine Röhre und schmilzt diese zu, erwärmt man sie hierauf, so bleibt das Paraffin starr, selbst dann, wenn die Temperatur weit über den Schmelzpunkt dieser Substanz gestiegen ist, denn der im geschlossenen Rohre entstehende Druck verhindert die Verflüssigung. Sobald aber das Rohr geöffnet wird, wird auch der Druck vermindert, und die Schmelzung erfolgt augenblicklich. Genau ebenso sollen sich nach Reyer die starren Massen im Erdinnern verhalten. Das wieder flüssig gewordene Magma erleidet eine Volumenvermehrung, dabei wirkt der Druck der oberen Regionen der Erdkruste fortwährend auf die unteren, demnach wird das flüssige Material in den Spalten und Rissen der Kruste emporgedrängt, soweit die Reibung an den Wänden der Klüfte dies erlaubt, die Gase und Dämpfe treten zugleich in Wirksamkeit,*) denn solche sind

---

*) Durch die mikroskopische Untersuchung der Gesteine ist erwiesen, daß in denselben Gase und Flüssigkeiten eingeschlossen

auch im starren Magma eingeschlossen, die Eruption erfolgt.

Ehe wir diesen Abschnitt beenden, mögen zuvor noch einige Worte gesagt sein über eine ältere Ansicht von der Entstehung der Vulkane, über die Erhebungstheorie, welche eine Größe unter den Naturforschern des 19. Jahrhunderts, L. von Buch, vertrat, und die noch bis in die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts hinein Anspruch auf ein wissenschaftliches Dogma gemacht hat, wenn dieselbe von manchen Gelehrten auch nicht in allen ihren Punkten zugegeben wurde. Alexander von Humboldt hat den Vulkanismus als die Gesamtheit der Reaktionen eines glutflüssigen Erdinnern gegen eine starre Erdkruste bezeichnet, und man war gewöhnt worden, die Feuerberge selbst gleichsam als Sicherheitsventile zu betrachten, durch welche hindurch die Gase sich einen Weg nach außen bahnten, wenn ihre Spannung zu groß wurde. Das feste Gerüst des Planeten wurde dadurch, so meinte man, an bestimmten Stellen blasenförmig aufgetrieben und von den Gasen und Eruptionsmassen bei zunehmendem Druck endlich durchbrochen. Die zerrissenen Wandungen klafften weit auseinander, und auf der so entstandenen Öffnung kam der eigentliche Vulkan durch Aufschüttung loser Auswürflinge und auch je nachdem durch das Heraustreten glutflüssiger Lava zur Ausbildung. Es mußte also, ehe der eigentliche Vulkan aufgeworfen werden konnte,

---

sind. So enthält z. B. der Quarz gewisser Granite Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure, von verschiedenen Salzlösungen, von Kohlenwasserstoffen u. s. f. in Menge.

eine Zerreißung der Erdschichten stattfinden, es mußte ein Erhebungskrater entstehen. Als Typus einer solchen betrachtete L. von Buch die uns schon bekannte Caldera auf der canarischen Insel San Miguel de la Palma, und auch am Pik von Teneriffa, auf Barren-Eiland, in der Inselgruppe von Santorin und am Vesuv glaubte er einen solchen deutlich zu erkennen. Was dieser bedeutende deutsche Geologe jedoch dafür hielt, ist stets nur die alte Umwallung, die Somma der betreffenden Feuerberge gewesen. Diese Erhebungstheorie gehört heutzutage einem überwundenen Standpunkte an, sie hat sich, so genial sie auch erdacht war, als gänzlich unhaltbar erwiesen und hat in der Gegenwart nur mehr noch historisches Interesse. Aus diesem Grunde haben wir ihr denn auch einige Zeilen am Schlusse dieser Betrachtungen über die Vulkane gewidmet.

2. Abschnitt.

Etwas vom Baumaterial unserer Erde und den hauptsächlichsten Kräften, welche dasselbe bilden und wieder zerstören.

Siebentes Kapitel.

Die Gesteine der Erde.

Was ist ein Gestein? Einfache und gemengte Gesteine. Kryſtalliniſche und Trümmergeſteine. Geſteinsbildende Mineralien. Weſentliche und acceſſoriſche Gemengteile. Acceſſoriſche Beſtandmaſſen, Konkretionen und Sekretionen. Das Gefüge der Geſteine und deren Unterſuchung. Einteilung der Felsarten nach deren Entſtehungsweiſe, maſſige, ſedimentäre und äoliſche Geſteine.

Aus Geſteinen beſteht das Baumaterial unſerer Erdfeſte. Was iſt aber ein ſolches Geſtein? Darauf lautet die Antwort: ein Geſtein iſt ein geologiſcher Körper, welchem ein weſentlicher Anteil am Aufbau unſerer Erdfeſte zukommt. Woraus wird ein Geſtein nun gebildet? Entweder wird ein Geſtein aus einem einzigen, dann aber in größeren Maſſen auftretenden Minerale zuſammengeſetzt, oder auch aus einer Vergeſellſchaftung, aus einer Aſſoziation von mehreren ſolchen. Im erſteren Falle nennen wir dasſelbe ein einfaches, im letzteren ein gemengtes. Das Steinſalz, eine Subſtanz, welche wohl einem jeden meiner Leſer bekannt ſein dürfte, iſt ein einfaches Geſtein. Innerhalb der Erdkruſte tritt dasſelbe in größeren Komplexen auf und wirkt weſentlich mit an deren Zuſammen-

setzung. Auch Eis, als Gletscher- oder Inlandeis, Gyps, Kalkstein in seinem reinen Zustand, als Marmor im geologischen Sinne des Wortes, sind derartige einfache Gesteine. Als Beispiel für ein gemengtes Gestein mag uns hier der Granit dienen, welcher aus der Assoziation von vorwiegend drei Mineralien, von Feldspat, Quarz und Glimmer, besteht. Sind die mineralischen Gemengteile nun krystallinisch miteinander verwachsen, so ist das Gestein ein krystallinisches. Das ist z. B. beim Granit der Fall. Treten aber die Bruchstücke und Trümmer anderer Gesteine zu einem neuen Gesteine zusammen, so reden wir von einem klastischen oder Trümmergesteine. Die Trümmerpartikelchen können nun wiederum nur lose übereinander liegen, wie bei den Geröllablagerungen, oder bei den uns bekannten vulkanischen Aschen und Sanden, oder auch ihre Aggregate werden durch ein Bindemittel, durch ein Cement verkittet. Eine auf solche Weise verbundene Felsart ist der Sandstein, dessen Bestandteile durch ein kieseliges, kalkiges, thoniges oder auch durch ein Bindemittel anderer mineralischer Natur zusammengehalten werden. Jedem Besucher des Rigiberges im schönen Schweizerland ist sicherlich die Felsart aufgefallen, woraus derselbe aufgebaut ist, die Nagelflue. Gerollte Stücke der allerverschiedensten Gesteinsarten setzen diese letztere zusammen, ein kalkiges Cement verbindet sie. Derartige, aus solchen Rollstücken zusammengefügte klastische Felsarten nennt man Konglomerate; sind die Bestandteile der Trümmergesteine jedoch noch nicht gerundet, sondern noch eckig und scharfkantig, so werden dieselben als Breccien bezeichnet.

Von den vielen hunderten von Mineralien kommen nur wenige als Gesteinsbildner in Betracht, d. h. nur eine

Fig. 23. Ein Stück Konglomerat.

geringe Anzahl derselben hat einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der Gesteine. Dahin gehören in erster Linie der kohlensauere Kalk als Calcit und als Aragonit, der schwefelsauere Kalk als Gyps und als Anhydrit, das Steinsalz, der Quarz, dann die Verbindungen der Kieselsäure mit Thonerde, Alkalien u. s. f., die sogenannten Silikate, und zwar die Gruppe der Feldspate mit den ihr verwandten Mineralien Leucit und Nephelin, sodann die verschiedenen Glimmerarten, Talk, Chlorit, die Augite und Hornblenden, ferner Granat, Turmalin, Olivin, gewisse Eisenverbindungen, als Roteisenstein, Brauneisenstein und Magneteisen, schließlich verschiedene Modifikationen des Kohlenstoffs, so Graphit, Anthracit, Stein- und Braunkohle.

Nach ihren mineralischen Bestandteilen, deren Vergesellschaftung gewissen Gesetzen unterliegt, unterscheiden wir nun eine große Anzahl von Gesteinstypen. Jeder derselben besitzt seine wesentlichen und seine accessorischen Gemengteile. Als wesentliche sehen wir diejenigen an, welche dem Gesteine seinen bestimmten Charakter verleihen. Erläutern wir das an einem Beispiel, am Granit, dessen allgemeine Zusammensetzung aus den drei

Mineralien Feldspat, Quarz und Glimmer wir soeben kennen lernten. Diese drei Mineralien sind die wesentlichsten Gemengteile des genannten Gesteins, sie sind unumgänglich notwendig zur Bildung eines typischen Granits. Entfernen wir den Quarz aus demselben, so bleibt uns kein Granit mehr übrig, sondern nur eine aus Feldspat und aus Glimmer bestehende Felsart. Neben diesen wesentlichen Gemengteilen führen nun fast alle Gesteine noch eine Reihe anderer, die aber ebenso gut ganz fehlen könnten, die accessorischen, denn, ob dieselben vorhanden sind, oder nicht, der Gesteinscharakter wird in wesentlichen Punkten dadurch nicht im geringsten geändert. So führen viele Granite Turmalin, dann entstehen die Turmalingranite, das Gestein bleibt aber ein granitisches. Ob das genannte Mineral fehlt, oder ob nicht, das thut nichts zur Sache, solange nur die drei obengenannten wesentlichen Gemengteile im Gesteinsgefüge bleiben. Geradezu charakteristisch für gewisse Gesteinstypen sind manchmal derartige accessorische Mineralien. Da ist eine dem Granit nahe verwandte Felsart, der Syenit, welchem eine Verbindung von kieselsauerem und von titansauerem Kalk, der Titanit selten fehlt. Aber tritt dieser letztere Fall einmal ein, so bleibt das Gestein dennoch ein syenitisches.

In den Gesteinen unserer Erde sind bisweilen fremde Gebilde eingeschlossen, die nicht eigentlich dazu gehören, die accessorischen Bestandmassen, deren wichtigste die Konkretionen und die Sekretionen sind. Eine Konkretion bildet sich gewissermaßen von innen nach außen, während die Sekretion einen im Gestein vorhandenen Hohlraum voraussetzt. Man kennt eine Reihe von Fels-

arten, die sedimentären Ablagerungen auf unserem Planeten, welche die Reste einer von der Erde verschwundenen Lebewelt umschlossen halten, die Fossilien oder Versteinerungen. Entweder sind diese letzteren direkt von der Gesteinsmasse umgeben, oder sie sind umhüllt von einer Art Mantel anderer Substanz, der rundlich, oval, länglich, überhaupt sehr verschiedenartig geformt sein kann. In thonig-schieferigen Schichten des Rotliegenden im Saar-Nahe-Gebiet finden sich, um ein Beispiel dafür anzuführen, eigentümliche, nierenförmige Einlagerungen von Thoneisenstein (Sphärosiderit) vor, deren Inneres meist die Reste von Fischen, anderen tierischen Organismen oder auch von Pflanzen birgt. Diese Einlagerungen sind typische Konkretionen; es liegt auf der Hand, daß dieselben sich um die organischen Überreste herum gebildet haben, daß letztere also schon vorhanden gewesen sein müssen, als der Thoneisenstein mantel- oder nierenförmig um sie herum abgelagert worden ist.

Wer sollte nicht den Achat kennen, jenes schöne Mineral, das zu so mancherlei Gegenständen, zu Schmucksachen, zu Mörsern, Reibschalen und noch zu anderen Dingen mehr verarbeitet wird? Man findet dasselbe in der Form von größeren und kleineren mandelförmigen Einschlüssen, deren Dimensionen zuweilen sehr beträchtlich werden, und es sind diese Einschlüsse accessorische Bestandmassen ganz bestimmter Gesteine, so vor allem der Melaphyre. Von wegen ihrer meist mandelförmigen Gestalt werden dieselben Achatmandeln genannt. Zerschlägt oder zerschneidet man nun ein derartiges Gebilde, so zeigt sich dessen Inneres gleichsam austapeziert mit feinen, schichtweise übereinander geordneten Lagen von denjenigen

Mineralsubstanzen, welche den Achat bilden, nämlich von Quarz und amorpher Kieselerde. Diese feinen Schichten spielen vielfach in sehr verschiedenen Farbentönen. Der Kern der Achatmandel ist nicht immer ausgefüllt, nicht kompakt, sondern es enthält derselbe oftmals noch einen Hohlraum, in den Bergkrystalle oder Amethyste hineinragen, welche auf der letzten, also der innersten Lage auffitzen. Daraus geht deutlich hervor, daß, ehe die Achatmandeln sich bilden konnten, im Gestein ein Hohlraum vorhanden gewesen sein muß, welchen die nach und nach einfiltrierte Substanz ausgekleidet hat. Die äußerste Lage des Achats ist also die älteste, die innerste die jüngste, die zuletzt gebildete. Besieht man sich eine Achatmandel genau, so kann man gar oftmals noch die Infiltrationsstelle, den Punkt, woselbst die ausfüllende Materie in den Hohlraum eingedrungen ist, wahrnehmen. Dies mag ein Beispiel für die Ausbildung einer Sekretion sein. Die Ursachen von deren Entstehung werden wir kennen lernen, wenn wir uns mit der chemischen Thätigkeit des Wassers im Erdinnern zu befassen haben werden.

Die Art und Weise, auf welche die gesteinsbildenden Mineralpartikelchen entwickelt sind, ihre Form und ihre Größe, ihr Gefüge oder ihre Struktur, sind sehr verschieden. Das Gefüge eines Gesteinskörpers ist gänzlich unabhängig von dessen mineralischer Zusammensetzung. Wollten wir sämtliche Strukturformen, welche man beobachtet hat, hier ausführlicher betrachten, so würde uns das viel zu weit führen. Wir werden uns deshalb darauf beschränken müssen, nur die allerwichtigsten derselben kennen zu lernen. Betonen wollen wir aber gleich hier,

daß das Gefüge einer Felsart, wenn wir solche mit unbewaffnetem Auge oder auch unter Zuhülfenahme einer Lupe untersuchen, oftmals ganz anders erscheinen kann, als wenn wir uns hierbei des Mikroskops bedienen. Und eine genaue Untersuchung der allermeisten Gesteine ohne Anwendung dieses Instrumentes ist heutzutage kaum mehr denkbar, zumal die ganze Einteilung der Gesteinslehre, der Petrographie darauf beruht. Bald schon nach der Erfindung des Mikroskops fing man an, sich dasselbe zur Erforschung anorganischer Körper dienstbar zu machen. Robert Boyle (1627—1691), ein irischer Gelehrter und der Entdecker jenes bekannten Gesetzes von der Spannkraft der Gase, welches seinen Namen trägt, versuchte, die Ursache für die Trübung mancher Edelsteine mittels des besagten Instrumentes zu erkennen, sein Zeitgenosse Anton von Leuwenhöck (1630—1723) benutzte dasselbe, um die Geheimnisse der Krystallbildung zu enträtseln, und noch viele andere Naturforscher folgten ihren Spuren, darunter auch der Erfinder des nach ihm benannten Kalkspatprismas, der Schotte William Nicol zu Edinburg, welcher sogar eine Methode zur Herstellung dünner Gesteinsplättchen zwecks deren mikroskopischer Betrachtung, der sogeheißenen Dünnschliffe erfand. Auch Brewster, der schottische Physiker, dem wir das Kaleidoskop verdanken, ein Mann, der sich viel mit den in den Mineralien eingeschlossenen Flüssigkeiten beschäftigte und auch schon polarisiertes Licht bei seinen Beobachtungen angewendet hat, muß hier genannt werden. In ihrer heutigen Ausbildung wurde die mikroskopische Gesteinsanalyse zuerst durch den Engländer Henry Clifton Sorby in die Wissenschaft einge-

führt und nachher durch eine Reihe hervorragender Geologen, in welcher auch mehrere deutsche Namen in hellem Lichte strahlen, immer mehr und mehr vervollständigt. Diese vaterländischen Forscher sind der nun verstorbene Hermann Vogelsang, vormals Professor am Polytechnikum zu Delft in Holland und der Verfasser eines herrlichen Buches „Philosophie der Geologie“, sein Schwager Ferdinand Zirkel in Leipzig und Professor Rosenbusch in Heidelberg.

Unsere Aufgabe kann es nicht sein, hier den Gang einer derartigen mikroskopischen Gesteinsuntersuchung bis in ihre Einzelheiten hinein zu verfolgen. Die Thatsachen mögen genügen, daß man sich hierbei der bereits erwähnten Dünnschliffe bedient, welche man so fein herstellen muß, daß man durch ein solches Gesteinsplättchen hindurch lesen kann, bei gewissen Felsarten keine sehr leichte Arbeit. Die Dünnschliffe beobachtet man sowohl bei gewöhnlichem durchfallendem, als auch bei polarisiertem Lichte, und um letzteres zu erhalten, wendet man die Nicol'schen Kalkspatprismen an.

Kehren wir nach dieser kleinen Abschweifung nun zum Gefüge der Gesteine zurück! Eine der allerwichtigsten Formen desselben ist die körnige. Alle Gemengteile der Felsart besitzen hierbei ungefähr gleiche Größe, gleiches Korn. Je nachdem dieses letztere nun ein größeres oder ein kleineres ist, spricht man von grobkörnigen Gesteinen — mit Mineralpartikeln, welche größer sind, als ein gewöhnliches Erbsenkorn —, von mittelkörnigen Gesteinen — wenn deren Gemengteile kleiner als eine Erbse sind —, von feinkörnigen Felsarten — mit

sehr kleinen Mineralteilchen. Sind aber die einzelnen Gemengteile weder mit dem bloßen Auge, noch mit der Lupe mehr zu unterscheiden, so nennt man das Gefüge des Gesteins ein dichtes. Dieses stellt sich bei mikroskopischer Betrachtung aber meist ganz anders dar. Entweder es zeigt uns dann ein feinkrystallinisches Aggregat, bestehend aus durchweg wohlentwickelten und körnigen Mineralstückchen, die mikrokrystallinische Struktur, oder auch nur ein Haufwerk schuppiger Gemengteile, deren mineralische Natur überhaupt nicht mehr zu erkennen ist, das mikrofelsitische Gefüge. Endlich aber kann das Gestein durchaus keine Struktur mehr aufweisen, dann ist dasselbe gänzlich amorph oder glasig ausgebildet.

Wohnt einer Felsart die Neigung inne, nach einer bestimmten Fläche leichter zu spalten, als nach den übrigen, und läßt diese Eigenschaft eine Trennung des Gesteins in dünne und plattige Teile zu, wie z. B. der Dachschiefer, so ist dasselbe schieferig struiert, nehmen an seiner Bildung blätterige oder schuppige Mineralpartikelchen teil, oder auch faserige, so zeigt es schuppiges oder faseriges Gefüge, sind Hohlräume vorhanden, die durch die Entwickelung von Gasen bedingt wurden, solange sich die Felsart noch in weichem Zustand befand (Laven, Seite 103), so erhalten wir die blasige Struktur, die zur schlackigen wird, wenn diese Hohlräume mannigfach gewundene Gestaltung annehmen und dem Gestein ein zerfressenes Aussehen geben. Infolge späterer Infiltration und des Absatzes neuerer Mineralsubstanzen in den Blasen vermittelst des in denselben zirkulierenden Wassers werden diese Hohlräume zumeist wieder ausgefüllt und die

Mandelsteinstruktur kommt zur Ausbildung (Melaphyr mit Achatmandeln, Seite 179).

Eine sehr oft vorhandene Strukturform der Felsarten ist die porphyrische. Hierbei treten aus dem dichten, bald mikrokrystallinisch, bald mikrofelsitisch entwickelten Gesteinsteig, der Grundmasse, einzelne Mineralien besonders deutlich hervor.

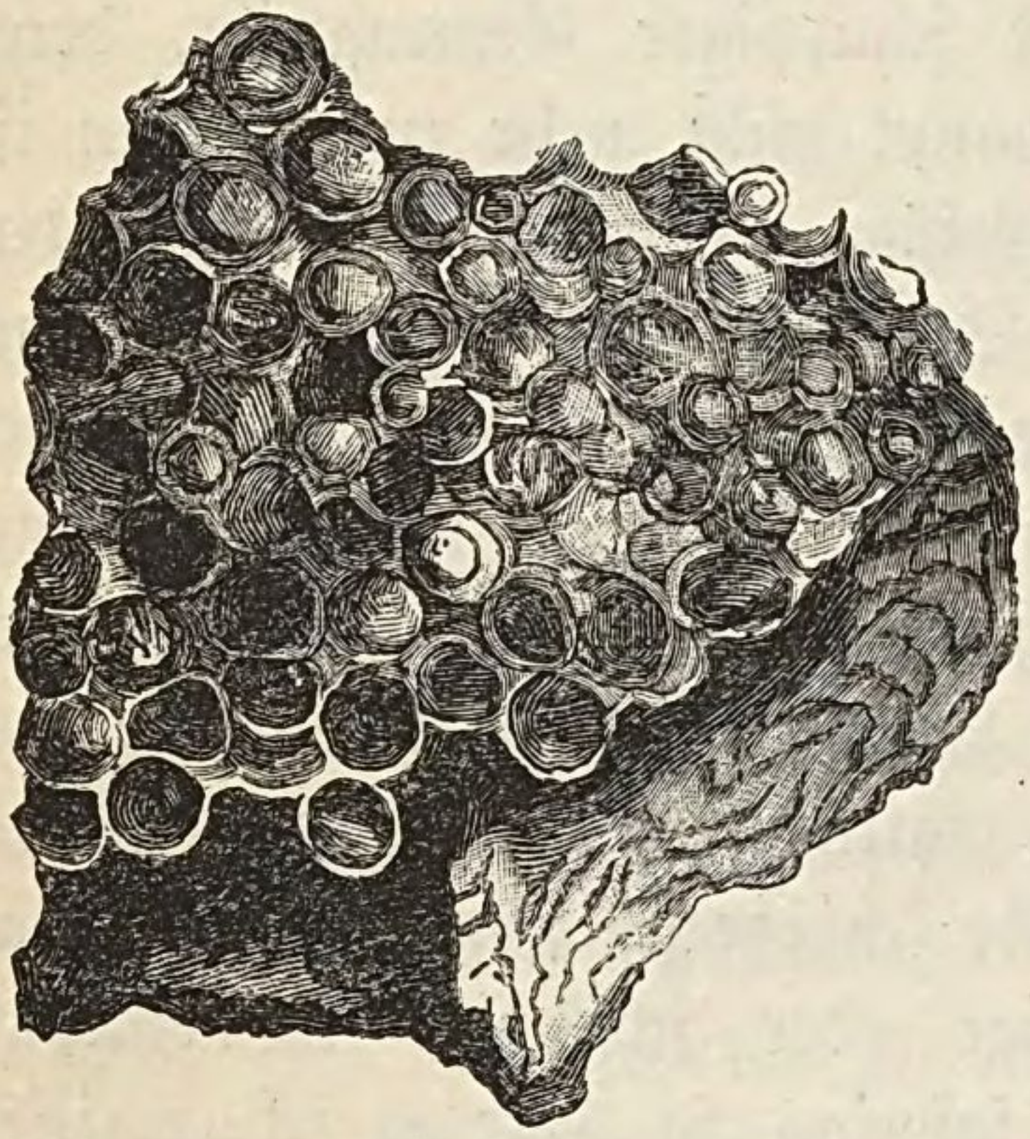


Fig. 24. Ein Stück Karlsbader Erbsenstein. Beispiel für eine oolithisch gefügte Felsart.

Oolithisch oder rogensteinartig ist eine Felsart dann gefügt, wenn dieselbe aus kugeligen Gebilden besteht, welche aus konzentrisch übereinandergelagerten Schalen von Mineralsubstanz, zumeist von kohlensauerem Kalk gebildet werden. Diese Kugeln sind auf ähnliche Weise zur Entwickelung gelangt, wie die Konkretionen. Ihre Schalen legen sich um einen inneren Kern, um das Fragment irgend eines organischen Körpers herum an, oder auch um eine blasenartige Hülle, ein Luftbläschen (hohle Oolithe). Ein kaum merkliches Bindemittel vereinigt die Oolithkügelchen, so nahe stehen dieselben miteinander in Berührung. Die oolithischen Gesteine haben auf Erden eine weite Verbreitung, doch ist in vielen Fällen deren Entstehungsweise leider noch dunkel. Hier und da läßt sich

die Dolithbildung allerdings direkt beobachten, so am Sprudel zu Karlsbad in Böhmen. Man sieht dort, wie das aufsprudelnde, kalkreiche Wasser kleine Bruchstückchen von Gesteinen oder von anderen Substanzen mit emporwirbelt, dieselben dann mit einer dünnen Kalkkruste überzieht, eine Eigenschaft, welche der Karlsbader Sprudel bekanntlich in hohem Maße besitzt, und so lange mit dieser schalenweisen Überrindung fortfährt, bis das immer größer werdende Körnchen nicht mehr schwimmen kann, sondern zu Boden fallen muß und fortgespült wird. Auch die Bildung hohler Dolithkügelchen konnte man in Karlsbad verfolgen. Um ein aufsteigendes Gasbläschen spannte sich erst ein feines und dünnes Häutchen von kohlensauerem Kalk, hierauf setzte sich dann der Vorgang, wie soeben geschildert, weiter fort.

Wenn man die Entstehungsweise der Gesteine berücksichtigt, so giebt es drei große Gruppen derselben. Die eine davon umfaßt alle diejenigen Felsarten, welche in weichem oder auch feurig-flüssigem Zustand aus den Tiefen der Erde emporgequollen sind und massig auftreten, also keinerlei Spur von regelmäßiger Übereinanderlagerung in Schichten, keine Schichtung erkennen lassen. Es sind dies die massigen oder auch die Massengesteine. Zur zweiten Gruppe gehören diejenigen Gesteine, die wir zum allergrößten Teile als die Absätze des Meer-, Brack- oder Süßwassers betrachten müssen, die Sedimentärgesteine oder Schichtgesteine. Diese Felsarten zeigen meist deutliche Schichtung, und sehr oft finden wir in ihrem Schoße noch die Überreste von Tieren und von Pflanzen, welche zur Zeit, als diese Gesteine sich

bildeten, in den Gewässern und auf dem umgebenden Festlande gelebt haben, die Fossilien oder Versteinerungen. Zur dritten Gruppe endlich stellen wir alle diejenigen Felsarten, deren Aufbau der geologischen Thätigkeit der Winde zu verdanken ist. Man nennt solche Gesteine äolische. Im folgenden wird es nun unser Bestreben sein, dir, lieber Leser, die Entstehungsweise dieser Gesteine, die Rolle, welche sie bei der Oberflächengestaltung unserer Erde gespielt haben und teilweise noch spielen, zu erläutern, dich ferner auch vertraut zu machen mit den Kräften, welche das Felsgerüst unseres Planeten aufbauen und wieder zerstören, soweit du in dem vorigen Abschnitt über die vulkanischen Berge nicht schon einen kleinen Einblick in diese Verhältnisse bekommen hast.

Achtes Kapitel.

Die massigen Gesteine, und zwar die vulkanischen oder die Ergußsteine.

Geologisches Vorkommen derselben. Ströme und Kuppen. Massige Vulkane. Quellkuppen. Zwei Beispiele massiger Vulkane, der Borschen bei Bilin und der Hohentwiel im Hegau. Erosionskuppen. Decken. Reibungsbreccien. Kontaktmetamorphosen der vulkanischen Felsarten. Neptunismus und Vulkanismus. Paläovulkanische und neovulkanische Gesteine. Porphyre und Porphyrite. Der Porfido rosso antico und der Porfido verde antico. Die Pechsteine. Der Melaphyr. Die basaltischen Gesteine und deren säulenförmige Absonderung. Trachyt und Phonolith. Obsidiane und Bimssteine.

In weichem, in feurig-flüssigem Zustand drangen die massigen Gesteine herauf aus den Tiefen unseres Planeten, denn dieselben sind vulkanischen Ursprungs. Für manche derselben, für diejenigen gerade, welche man als vulkanische Gesteine im engeren Sinne oder auch als Ergußsteine zu bezeichnen pflegt, steht das außer jedem Zweifel. Ihr geologisches Auftreten an der Oberfläche der Erde spricht dafür, nicht minder aber ihre mineralische Zusammensetzung und ihre Struktur, welche denjenigen

der Laven, die sich in der Gegenwart noch vor unseren Augen bilden, durchaus analoge sind. Glasiges Gefüge, das nur aus glutflüssigem Zustande entstehen kann und, wie wir bei Besprechung der rezenten Laven sahen (S. 104), in erster Linie wohl eine Wirkung rascher Erstarrung des Magmas ist, kommt bei den vulkanischen Felsarten zur Ausbildung. Entweder sind ganze Ergüsse derartig struiert, oder auch nur einzelne Partieen derselben. Wir kennen Ströme und Decken von Ergußsteinen mit allen den=

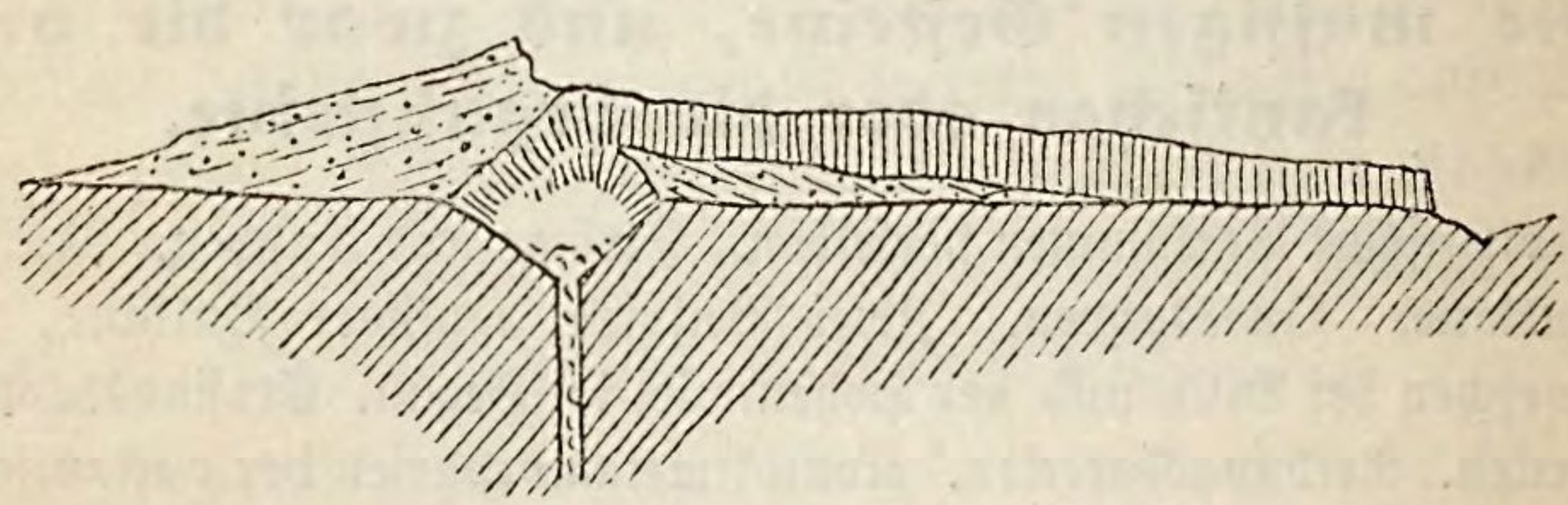


Fig. 25. Lavastrom, der einem Vulkan entflossen ist. Links die Reste des Aschenkegels. Nach Lepsius.

jenigen Erscheinungen, welche wir bei den Lavaergüssen gegenwärtig noch wahrnehmen können, Kuppen und Dome

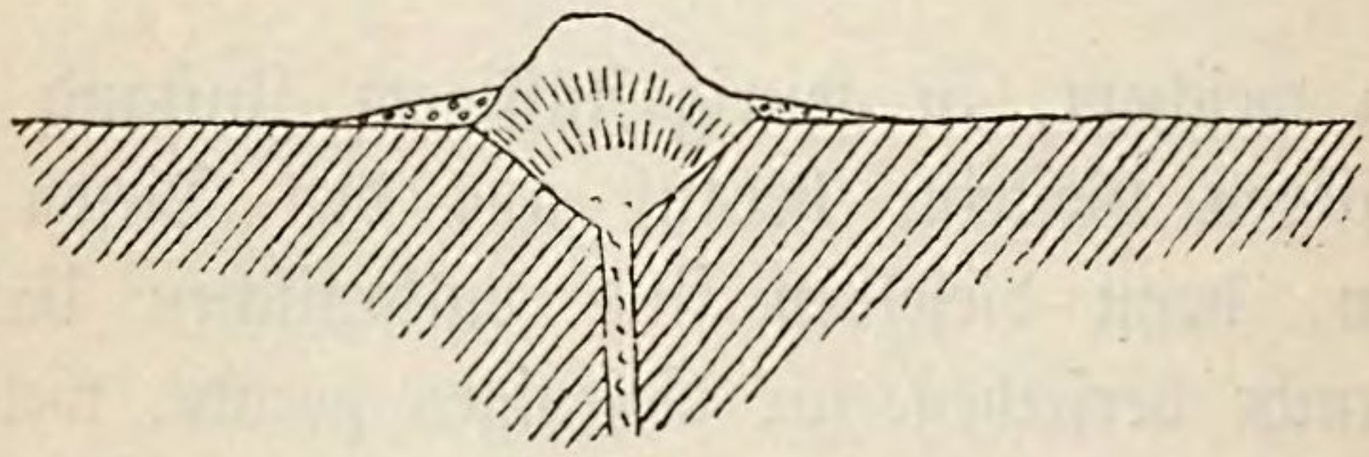


Fig. 26. Basaltkuppe in der Eifel. Nach Lepsius.

vulkanischer Felsarten sind uns bekannt, die sich bilden mußten, wenn das Magma zähflüssig und nicht leicht beweglich war, Gebilde, die heute noch, nach Jahrtausenden

und Jahrhunderttausenden von einem Mantel loser Auswurfsmassen umgeben sind, da wo die Umstände für deren Erhaltung günstige waren. Wie in der Gegenwart noch manchmal gewaltige Lavaströme aus den Feuerbergen hervorbrechen, die weite Strecken Landes unter ihren dampfenden und glühenden Schollen begraben, so ist das in der Vorzeit ebenso gewesen. Große Decken vulkanischer Gesteine, durchaus nichts anderes, als derartige Lavaströme vergangener Epochen in der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten, sind uns vielfach bekannt, und zwischen den Phonolith-, Trachyt- und Basaltkuppen, wie wir solche überall auf Erden und auch vielfach im deutschen Vaterlande finden, und den trachytischen Massen, welche wir in den Krateren der Rocca monfina bei Gaëta oder des Astroni in den phlegräischen Feldern aufsteigen sahen, besteht durchaus kein Unterschied. Beide Vorkommnisse sind Vulkane; bei der einen Kategorie dieser Feuerberge war das Magma flüssiger, es kam zur Ausbildung von Aufschüttungskegeln und zum Erguß von Lavaströmen, also zur Entstehung von Stratovulkanen, bei der anderen war der Gesteinsteig zähflüssiger, derselbe erstarrte schon beim Heraustreten, es entstand die als massige Vulkane bezeichnete Art von Feuerbergen. Wenn das einstige Emporquellen der Lava besonders schön zu beobachten ist, wenn sich die zwiebelförmige Anordnung der einzelnen Lagen noch deutlich wahrnehmen läßt — dies ist beispielsweise am Schloßberg von Teplitz in Böhmen der Fall —, so redet man auch mit Reyer von Quellkuppen (Fig. 27). Daß auch in der Gegenwart solche Massenvulkane noch gebildet werden können, das beweist

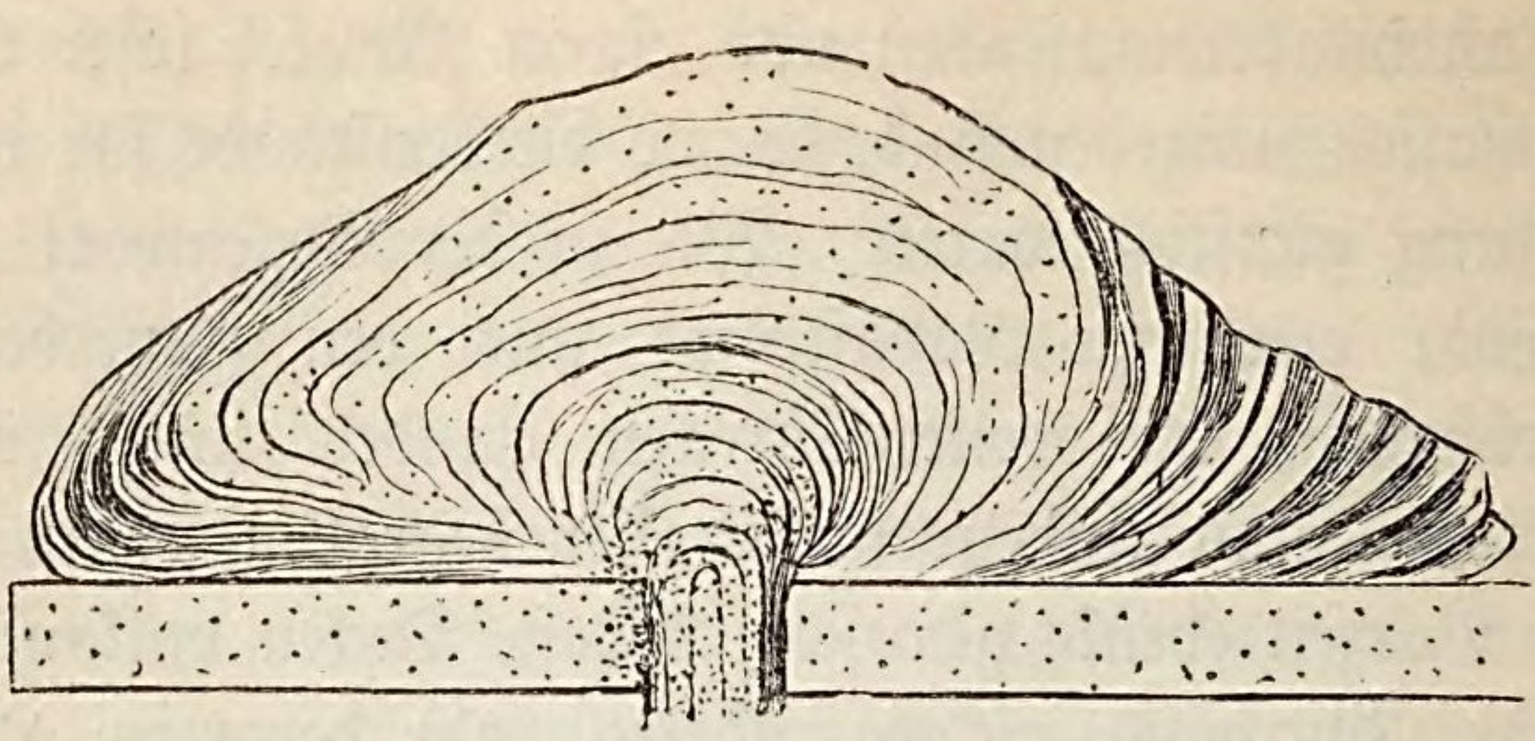


Fig. 27. Durchschnitt durch eine Quellkuppe. Nach Reyer.

uns die Entstehung des Georgios im Vulkan von Santorin (S. 56). Die nebenstehenden Abbildungen zeigen dir, lieber Leser, zwei solcher massiger Feuerberge. Der eine davon erhebt sich auf böhmischer Erde, es ist der Felsklotz des Borschen bei Bilin. Sein Umriß gemahnt an die Gestalt eines ruhenden Löwen, und seine zerrissenen Wände geben seiner landschaftlichen Umgebung ein alpines Gepräge. Das Gestein des Borschen ist Phonolith, zu deutsch Klingstein, von wegen der Eigenschaft dieser Felsart, in dünnen Platten zu spalten, welche beim Anschlagen mit einem metallenen Gegenstand einen helltönenden Klang von sich geben. Der andere Vulkan steht im deutschen Süden; aus der Ebene des Hegaus steigt er kühn und schroff empor, eine württembergische Enklave im badischen Land,

Ein Felsenberg, von Trümmern überragt,
Steil aufgetürmt am herrlichsten der Seen,
Gigantisch hinter ihm die Alpen stehen,
Um deren Stirn der Sturm die Wolken jagt.

(E. Paulus.)

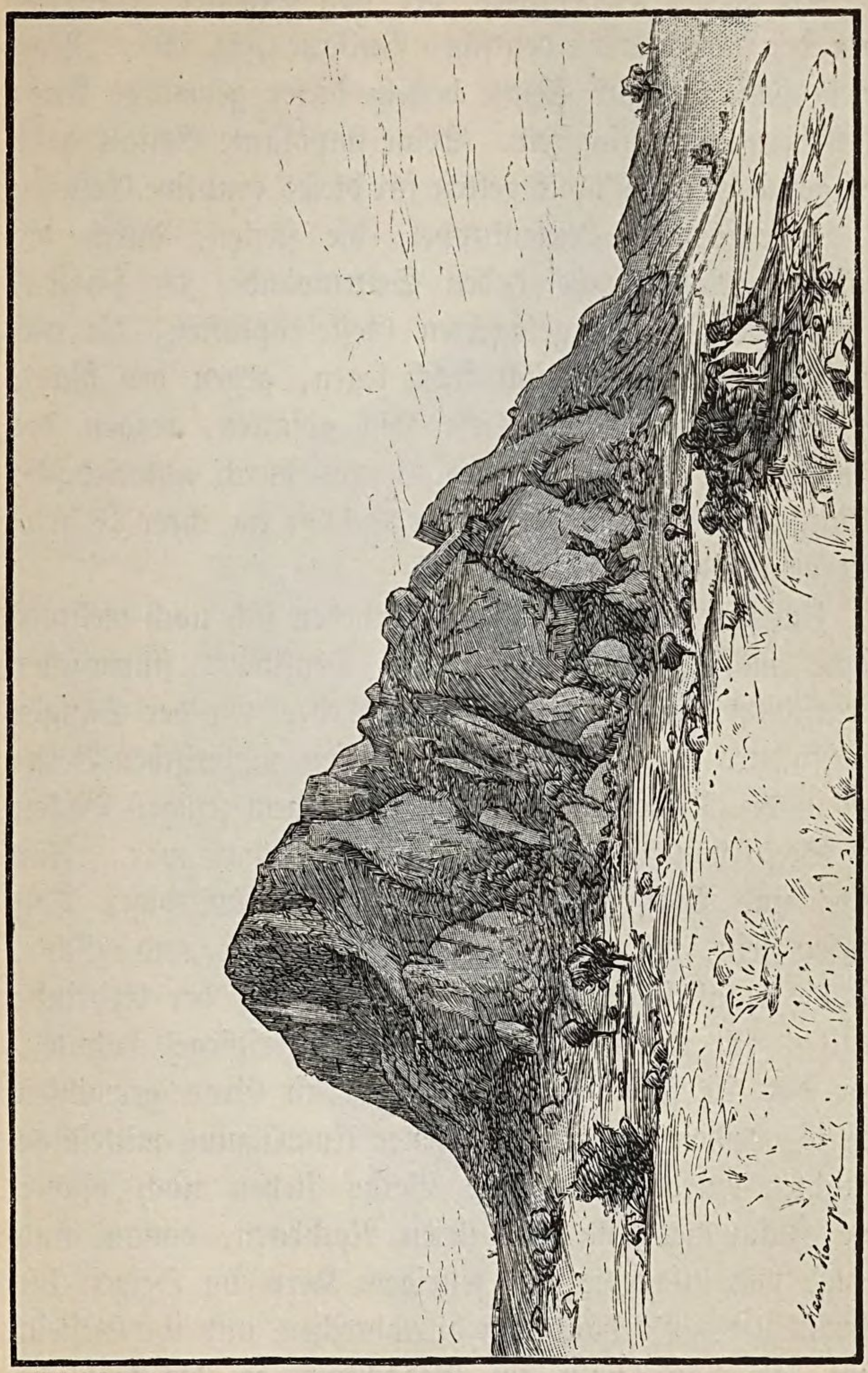


Fig. 28. Der Borschen bei Bilin. Nach einer Photographie.

Es ist der Hohentwiel, der von Scheffel besungene Berg, der südlichste der deutschen Vulkane (Fig. 29). „Von seinem Fuß bis zur Spitze besteht dieser gewaltige Ausbruchsberg aus Klingstein. Seine imposante Gestalt aber mag geradezu als Typus gelten für dieses eruptive Gestein; die glockenförmige Riesenkuppel, die steilen, durch die Erosion gerippt erscheinenden Seitenwände, die schalenförmig übereinander gelagerten Gesteinsplatten, die auf der Höhe des Berges sich flach legen, gegen den Rand sich wölben, gegen die Tiefe steil abfallen, tragen die Geschichte der Entstehung des Berges durch unterirdische vulkanische Kräfte mit deutlicher Schrift an ihrer Felsenstirn geschrieben." (D. Fraas.)

Um den Hohentwiel herum erheben sich noch mehrere andere massige Vulkane. „Als Denksteine stürmischer Vorgeschichte unserer alten Mutter Erde," wie der Sänger des Ekkehard sagt, „stehen jene schroffen, malerischen Bergkegel in der Niederung, die einst gleich dem jetzigen Becken des Sees von wogender Flut überströmt war. Für Fische und Wassermöven mag's ein denkwürdiger Tag gewesen sein, da es in den Tiefen brauste und zischte, und die basaltischen Massen glühend durch der Erdrinde Spalten sich ihren Weg über die Wasserspiegel bahnten. Aber das ist schon lange her. Es ist Gras gewachsen über die Leiden derer, die bei jener Umwälzung mitleidlos vernichtet wurden; nur die Berge stehen noch immer ohne Zusammenhang mit ihren Nachbarn, einsam und trotzig, wie alle, die mit feurigem Kern im Herzen die Schranken des Vorhandenen durchbrechen, und ihr Gestein klingt, als säße noch ein Gedächtnis an die fröhliche

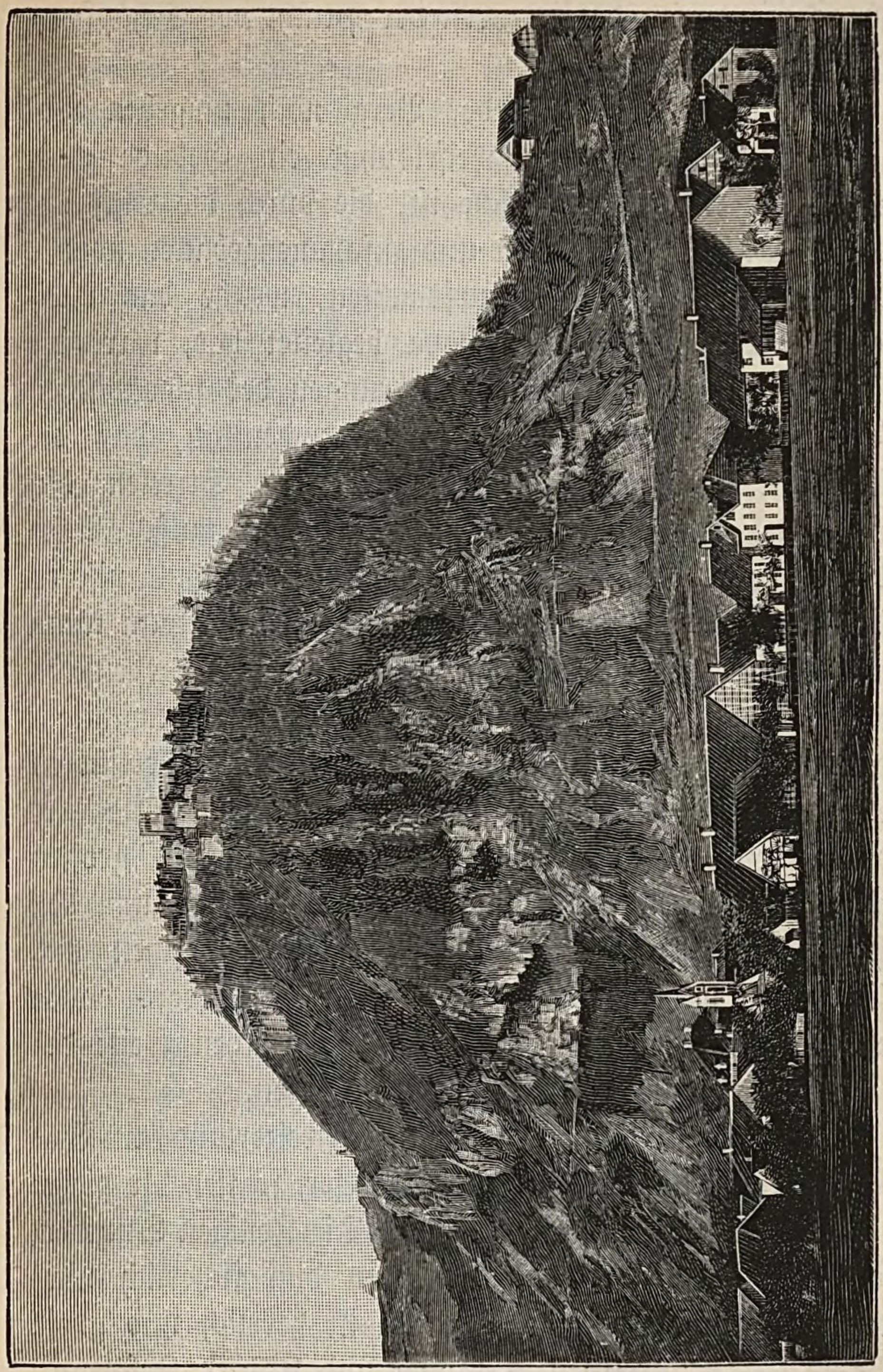


Fig. 29. Der Hohentwiel. Nach einer Photographie. Links die Reste des Tuffmantels.

Jugendzeit darin, da sie zuerst der Pracht der Schöpfung entgegen gejubelt."

An der Ostseite ist der Berg noch umgeben von einem Tuffmantel, der zweifelsohne ein Gebilde ausgeworfener vulkanischer Asche ist, die durch die Einflüsse des Regens allmählich fester und zusammengebacken wurde. Die Eruption loser Auswurfsmassen, welche das Aufsteigen der phonolithischen Lava begleitet hat, war eine sehr starke, denn aus den Ausführungen des schwäbischen Geologen O. Fraas erhellt klar und deutlich, daß die Asche die damalige Erdfläche auf weite Strecken hin mindestens 100 Meter hoch bedeckt haben muß. Auch über die Zeit, da der Hohentwiel und seine vulkanischen Nachbarn dem Schoße der Erde entstiegen sind, kann kaum ein Zweifel mehr obwalten. Es ist, wie sich ebenfalls mit Bestimmtheit und auf Grund einer Reihe gewichtiger geologischer Thatsachen sagen läßt, die jüngere Tertiärzeit gewesen. Später haben die zerstörenden Kräfte der Diluvialzeit, besonders wohl die Eismassen des großen Rheinthalgletschers, die lockeren, als Mantel um den phonolitischen Kern des Berges gelagerten Aschen und Tuffmassen mitgenommen und nur an besonders davor geschützten Stellen, so gerade an der östlichen Seite des Felskegels, konnten dieselben liegen bleiben.

Führt dich auf einer Reise ins Schweizerland dein Weg am Hohentwiel vorbei, mein lieber Leser, so sieh dir diesen Vulkan einmal etwas genauer an. Die wenigen Stunden, welche du dazu nötig hast, werden dich sicherlich nicht gereuen. Allein schon die Aussicht ist herrlich und groß. Städte, Dörfer, Burgen, Schlösser und Klöster, Felsberge,

Waldgebirge, Acker-, Wiesen- und Weinland, Flußläufe, Seespiegel und die Alpenkette in mächtigem Aufbau. Und dann der von geschichtlichen Erinnerungen umwobene, von der Sage umsponnene Ort, der Geist der Vergangenheit, der uns gar gewaltig umweht in der sonnigen Lichtheit dieser Felsennatur!

Nicht alle Kuppen vulkanischer Gesteine sind das Produkt selbständiger Vulkane. Die Erosion, d. h. die zerstörende Wirkung der Gewässer, sei es als Meeresbrandung, als Wellen, Ströme, Flüsse und Bäche, oder auch in der Form der auf die Erde niederfallenden Atmosphärilien hat vielfach kuppenartige Berge vulkanischer Felsarten aus größeren Strömen oder Decken dieses Materials herausgemeißelt und herausgeschnitten. Es sind dies die Erosionskuppen. Bei der Besprechung des Umfangs der Lavaströme sahen wir, wie groß zuweilen solche deckenartige Ausbreitungen feurig-flüssigen Gesteins sein können. Das zeigt uns ferner die gewaltige, viele Quadratmeilen große Basaltdecke Islands, wahrscheinlich auch selbst nur ein Überrest eines viel umfangreicheren derartigen Gebildes, das die Tertiärzeit der Erde entquellen sah, und das jenes heutzutage vom atlantischen Ozean überflutete Gebiet im Süden dieser Insel bis zu den Faröer, ja vielleicht noch darüber hinaus, bis zur Nordspitze Schottlands und Irlands umfaßte. Ein uns näher liegendes ähnliches Vorkommen findet sich in Südtirol, das Porphyrmassiv von Bozen, dessen Bildung in eine viel ältere Periode in der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten fällt, und welches im Osten der Etsch ein großes Gelände bedeckt. An vielen Stellen dieses

Ergusses sind Reibungsbreccien zu beobachten, d. h. Gesteinsmaterial, welches aus Fragmenten der unter den Porphyren lagernden Felsarten besteht. Letztere nahmen dasselbe in sich auf, als sie sich noch in flüssigem Zustande befanden. Ähnliches kann man auch an Lavaströmen der Gegenwart wahrnehmen.

Zu denjenigen Erscheinungen, die ferner noch für die glutflüssige Entstehung der vulkanischen Felsarten sprechen, gehören deren Einwirkungen auf das Nebengestein, welche sich in Verglasung, Frittung, Brennung, Verkohlung u. s. f. dieses letzteren äußern, Phänomene, welche gemeiniglich als Kontaktmetamorphosen bezeichnet werden. Auch dafür hat die Gegenwart Analogien. So umschließen die Laven, welche die Somma des Vesuv zusammensetzen, Brocken dolomitischen Kalkgesteins, die Sommablöcke, von der glutflüssigen Lava losgerissene und mit heraufgebrachte Stücke einer in der Tiefe anstehenden sedimentären Felsart, welche eine Reihe von Mineralien enthalten, die nur durch die Einwirkung eines von Wasserdampf durchsetzten Magmas auf Kalkstein entstehen können, wie z. B. Vesuvian, Spinell u. s. f. Die Sommablöcke sind wahre Fundgruben schöner, auf solche Weise gebildeter Kontaktmineralien. Des weiteren sind uns Laven bekannt, welche über Kalksteinschichten geflossen sind und dieselben an der Berührungsfläche zu einem kompakten, zum Teil sogar krystallinen Gestein umgewandelt haben.

Berühmt ist die Kontaktwirkung des Basalts in dem Pläner, einer Ablagerung der oberen Kreide, zu Kröndorf in Böhmen. Aus dieser weißen Felsart hat sich infolge

des besagten Umstandes ein bläuliches, hartes Gestein von gefrittetem Aussehen gebildet. Auf der Insel Antrim an der irischen Küste haben Basaltgänge Gesteine der Kreideformation in einen krystallinischen, schneeweißen Marmor umgeändert, und ähnliche Vorkommnisse sind noch vielfach an anderen Orten nachgewiesen worden. Bemerkenswert ist die Thatsache, daß bei derartigen Einwirkungen eruptiver Massen auf Fossilien führende Kalksteine die organischen Überreste in diesen letzteren oftmals zerstört werden, und jede Spur davon verschwindet. Am Wildenstein bei Büdingen in der Nähe der alten Kaiserstadt Gelnhausen im ehemaligen Kurfürstentum Hessen haben basaltische Massen Buntsandsteinschichten umschlossen und dieselben stellenweise förmlich gefrittet. Zugleich hat die Hitze des heraufgedrungenen Basalts den Sandstein an mehreren Orten in säulenförmige Glieder von prismatischem Durchschnitt zerlegt. Ähnlich verhält sich der der Kreide angehörige Quadersandstein von Johnsdorf bei Zittau in Sachsen, den ebenfalls Basalt durchsetzt hat. Am Meißner unweit Kassel durchbricht ein mächtiger Basalterguß die Braunkohle und hat solche auf eine ziemlich große Entfernung von der Berührungsstelle hin in eine Art Anthracit verändert und in kleine Säulen abgeteilt, in die sogenannte Stangenkohle, welche nach und nach wieder in die normale Braunkohle übergeht. Auch der die Kohle begleitende Thon ist geglüht und in prismatische Stücke abgesondert worden.

In neuerer Zeit ist auch experimentell der Nachweis dafür geliefert worden, daß Kalksteine infolge von starker Erhitzung in Marmor übergehen können, allerdings ohne

zu schmelzen, während bei den weiter oben erwähnten Sommablöcken, wie J. Roth betont, eine Schmelzung stattgefunden haben dürfte. Eine solche ist aber im Laboratorium bisher noch nicht gelungen, wenn auch A. Becker, derjenige Forscher eben, welcher den erwähnten Versuch ausgeführt hat, zugiebt, daß die Möglichkeit einer Schmelzung von kohlensauerem Kalk unter hohem Druck und bei ebensolcher Temperatur nicht absolut ausgeschlossen erscheint.

Von der feurig-flüssigen Entstehung der vulkanischen Gesteine sind wir heutzutage gänzlich überzeugt, kein Zweifel hierüber waltet mehr bei der geologischen Sippe vor, und kein Mitglied derselben dürfte in der Gegenwart mehr zu finden sein, welches diese Thatsachen leugnen wollte. Aber dem war nicht immer so! Noch bis in die Mitte unseres Jahrhunderts hinein tobte der Streit um den feurig-flüssigen oder um den wässerigen Ursprung des Basalts, heftig hat manchmal die Schlacht gewütet, und gar unsanft sind die Geister aufeinandergeplatzt. Es ist ein heiter und vergnüglich Ding, in den Schriften über diesen Gegenstand zu blättern, ein überlegen Lächeln mag uns dabei hier und da auf die Lippen kommen, uns, die wir nicht bedenken, daß vielleicht einmal unsere Nachkommen nicht minder spöttisch und geringschätzig die Achseln zucken werden über die nicht höflicher gehaltenen Schriften, worin um die geologischen Streitfragen der Gegenwart, leider gar oftmals um des Kaisers Bart gezankt wird.

Uralt, so alt, wie die Wissenschaft selbst, ist diese Spaltung in den Ansichten ihrer Jünger, in Neptunisten

und in Vulkanisten. Schon im grauen Altertum tritt uns die Meinung entgegen, daß alles, was da fest ist, sich aus dem Wasser herausgebildet habe, ja daß dieses letztere selbst durch Verfestigung zum Felsen werden könne. Xenophanes von Kolophon z. B., auch Pythagoras entwickelten solche Gedanken, während andererseits die Lehre, der Urgrund aller Dinge sei das Feuer, ebenfalls ihre Verfechter hatte. Wir erinnern hier besonders an den Philosophen Herakleitos aus Ephesus.

Die vulkanischen Gesteine kann man in zwei bestimmte Gruppen einteilen, deren eine die geologisch älteren vulkanischen Felsarten in sich begreift und als paläovulkanische der anderen, die geologisch jüngeren Vorkommen umfassenden, der neovulkanischen Abteilung der Gesteine gegenüber gesetzt wird. Wichtige Glieder der paläovulkanischen Reihe sind die Porphyre und Porphyrite, ungemein verbreitete, oftmals sehr schön rötlich oder auch dunkel gefärbte Felsarten, mit porphyrischer Struktur — dieselbe wird so bezeichnet, weil sie eben bei den genannten Felsarten am schönsten entwickelt ist —, welche den mannigfachsten Zwecken dienen. Monumente, Vasen, Schalen, Bodenplatten und was dergleichen mehr ist, werden aus diesem Material hergestellt, so besonders in Elfdalen in Schweden, zu Jekaterinenburg im Ural, auch fern am Altai. Hierher gehört auch das als Porfido rosso antico bekannte Gestein, das schon im Altertum zu gar vielen Kunstgegenständen und zu Monumentalbauten benutzt wurde. Daraus ist beispielsweise der unter dem Namen des Obelisken Sixtus V. weltberühmte Monolith auf der Piazza del Popolo zu Rom verfertigt, welcher

sich einst vor dem Sonnentempel zu Heliopolis erhoben hat, und den Kaiser Augustus nach seinem Sieg über den Antonius in seine Hauptstadt bringen und vor dem Circus maximus aufstellen ließ. Auch in der Markuskirche zu Venedig stehen schöne Säulen aus diesem herrlichen Gestein, dessen Fundort ganz vergessen war, bis zwei reisende Engländer denselben im Jahre 1823 in Ägypten wieder entdeckten. Die Bezeichnung Porfido rosso antico stammt von der Farbe des Gesteins, das eine hell- bis dunkelrote Grundmasse besitzt, mit Einsprenglingen von kleinen weißlichen bis rosenroten Feldspatkrystallen, von Hornblende und von Eisenglimmer. Ähnliche Verwendung fand auch ein grüner Porphyr, der Porfido verde antico; in der Hauptkirche der katholischen Christenheit zu San Giovanni in Laterano, in Italiens Hauptstadt, magst du die prächtigen daraus gefertigten Säulen bewundern, lieber Leser!

Mit den Porphyren sind gewisse glasig struierte Gesteine, die Felsitpechsteine und die Pechsteinporphyre aufs innigste verbunden. In der glasigen Masse dieser Felsarten liegen oft zierliche Mikrolithe, und große Berühmtheit in dieser Beziehung hat der Pechstein von Arran erlangt, den zahlreiche Augitmikrolithe durchschwärmen, bald als Einzelkrystalle, bald angeordnet zu Aggregaten, welche ein knäuel-, sternförmiges, oder auch ein farrenkrautartiges Aussehen annehmen (Fig. 30). Die Pechsteine treten gang- oder auch deckenförmig in den verschiedensten Weltgegenden auf, so in Sachsen (Meißen), am Luganer See, in Südtirol u. s. f.

Der Melaphyr, zu deutsch schwarzer Porphyr,

wurde seiner als Achatmandeln bekannten Einschlüsse wegen schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt. Die Melaphyre des Rhein-Nahe-Gebietes liefern solche Sekretionen in Menge. Zu Oberstein und zu Idar an der Nahe hat sich infolgedessen eine große Industrie entwickelt, welche seit dem 17. Jahrhundert daselbst blüht, über 2500 Arbeiter an etwa 160 Schleifmühlen beschäftigt und nicht nur deutsches, sondern auch Material aus Ungarn, Indien und Südamerika verschleift.

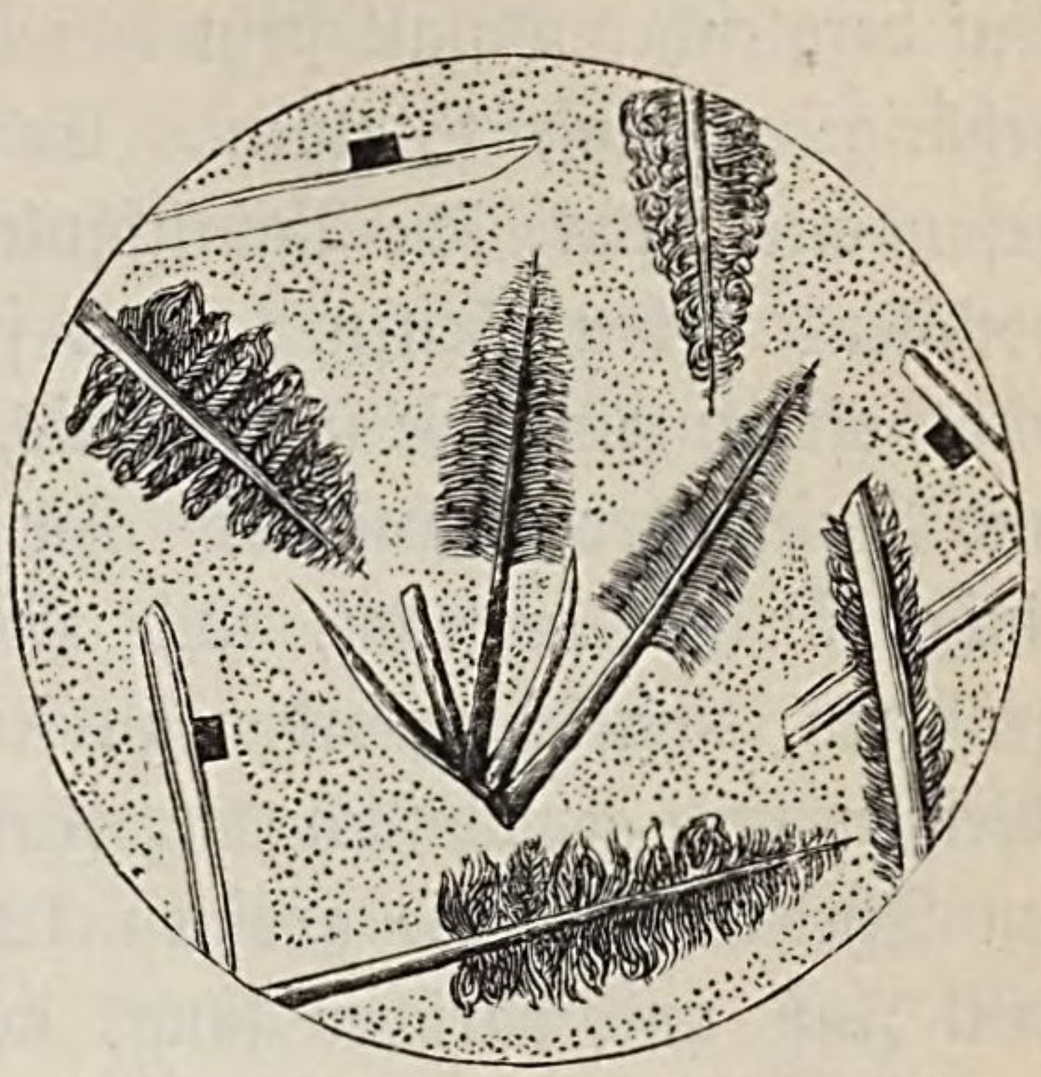


Fig. 30. Dünnschliff eines Felsitpechsteins von Arran.

Gehen wir über zu den neovulkanischen Gesteinen, so treffen wir in erster Linie auf die große Familie der basaltischen Gesteine. Der Name Basalt stammt von Plinius, welcher von einer äthiopischen Felsart basaltes redet und ist von dem eigentlichen Begründer der wissenschaftlichen Mineralogie, von Agricola, alias Bauer, einem großen Naturforscher der Reformationszeit in die Wissenschaft eingeführt worden. In seinem berühmten Werke „De natura fossilium“, zu deutsch „Über das Wesen der Fossilien“ finden wir die folgende Stelle: „Zu den eisenschwarzen Marmorarten gehört der Basalt, von den Ägyptern und den Äthiopiern entdeckt. Ihm steht weder an Farbe noch an Härte der Basalt von Meißen nach.

Jener ist ausgezeichnet und vollkommen eisenschwarz, dieser so fest, daß sich die Schmiede seiner als Ambos bedienen. Auf dergleichen Basalt steht das dem Bischofe von Meißen gehörige Schloß Stolpen. Er zeigt säulenförmig abgesonderte Stücke, die Basaltsäulen haben wenigstens vier, höchstens sieben Seiten. Man findet dergleichen Säulen nicht oft einzeln, wie in Thebais, gewöhnlich mehrere an- und ineinander gewachsen. Im letzteren Falle scheinen einige in die anderen, und zwar die kleineren in die größeren, eingelegt worden zu sein. Die Basaltsäulen in Meißen sind gewöhnlich $1^1/_2$ Fuß dick und 14 Fuß hoch. In Thebais sind die größten 12 Fuß dick und zuweilen 100 Fuß und darüber lang, wie an den Obelisken der ägyptischen Könige wahrzunehmen. Neben den Basaltsäulen findet man rundliche Basaltgeschiebe, brauchbar zu Mörsern und zu Salbenreibsteinen." Diese säulenförmige Absonderung der basaltischen Gesteine, welche schon dem Agricola und noch vor ihm sogar Naturforschern des Altertums auffiel, ist eine der charakteristischsten Eigentümlichkeiten der genannten Felsart, und man kennt solche Säulen von über 100 Meter Länge und von einer an 7 Meter reichenden Dicke, neben anderen, die nur wenige Centimeter dick und lang sind. Zuweilen zeigen solche Basaltsäulen eine deutliche und ziemlich regelmäßige Quergliederung, deren Trennungsflächen verschiedentlich ausgebildet sind (Fig. 32). Während diese Absonderungsformen früher für Krystalle gehalten wurden, wissen wir heute, daß dieselben auf einen Abkühlungsvorgang des basaltischen Magmas zurückzuführen ist. In neuerer Zeit ist auch die Ansicht laut geworden, daß dergleichen Basalt-

säulen unter gewissen, hier nicht zu erörternden Umständen zuweilen als vulkanische Strandmarken dienen können, daß dieselben da, wo sie am Ende eines Basaltstromes sich zeigen und senkrecht auf der Flußrichtung dieses letzteren stehen, ein Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür sind, daß das Stromende an einem Wasserspiegel erstarrte.

Zu den Stellen, woselbst die säulenförmige Absonderung der Basaltgesteine besonders schön und in größerer Entfaltung zu schauen ist, gehört die berühmte Fingalsgrotte auf der Insel Staffa bei Schottland und der Giants Causeway, der Riesendamm, an der irischen Küste. Ein gutes Beispiel für diese weitverbreitete Erscheinung zeigt die nebenstehende Abbildung, welche ein Vorkommen in der Nähe von Aussig im nördlichen Böhmen darstellt (Fig. 31). Säulenförmige Absonderung findet sich übrigens nicht allein bei basaltischen, sondern auch bei noch anderen neovulkanischen Felsarten, wenn auch meist nicht in derselben großartigen Entwickelung und in derselben Pracht. Das hier geschilderte Phänomen hat in dem Streit um die Entstehung des Basalts eine nicht unwichtige Rolle gespielt. Noch andere Kreise, als eben nur die geologischen, haben Interesse an dieser Kontroverse genommen, auch Altmeister Goethe hat sich damit beschäftigt und in seinen zahmen Xenien sagt derselbe:

Amerika, du hast es besser,
Als unser Kontinent, der alte,
Hast keine verfallenen Schlösser
Und keine Basalte.
Dich stört nicht im Innern
Zu lebendiger Zeit
Unnützes Erinnern
Und vergeblicher Streit.

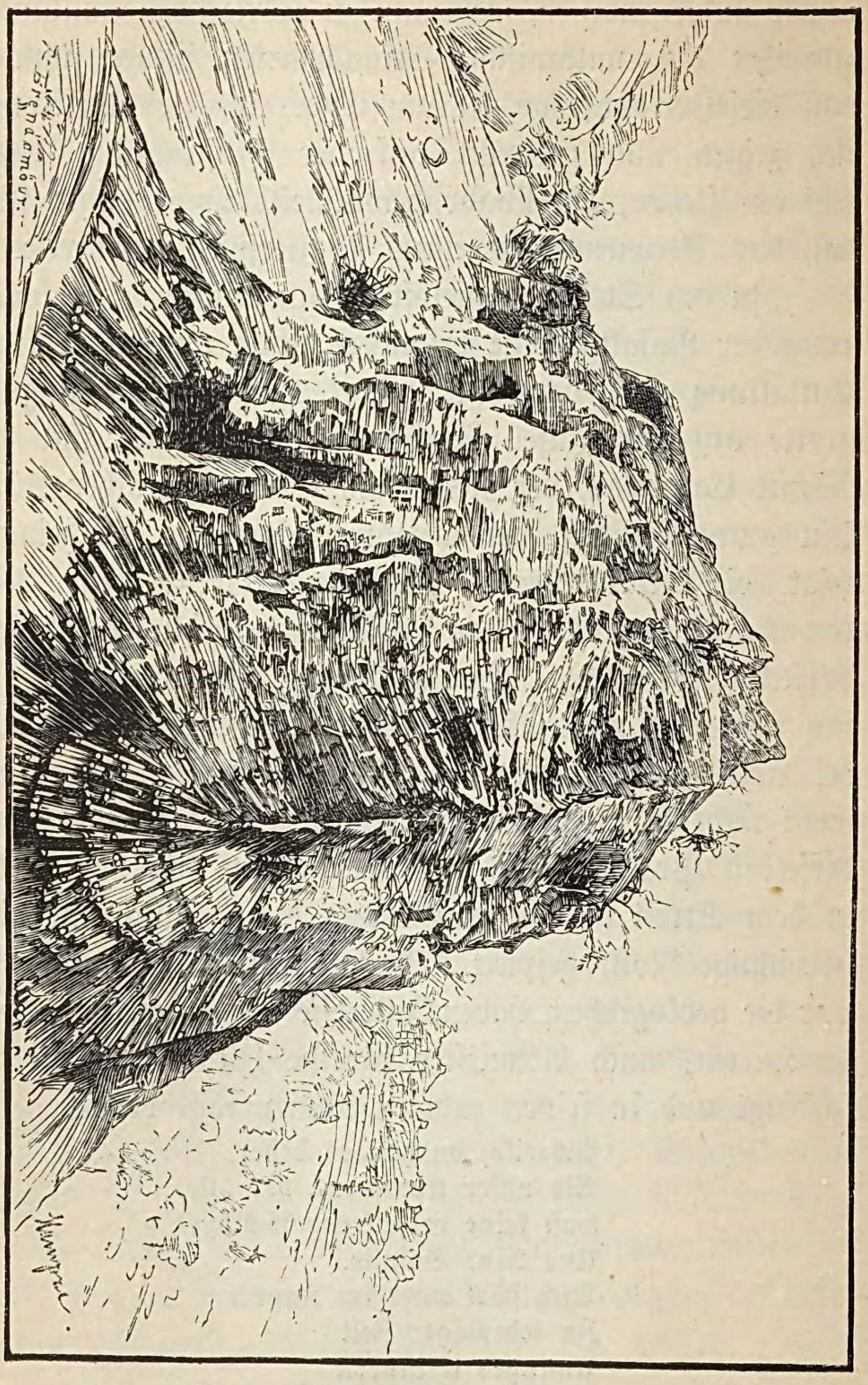


Fig. 31. Der Basaltfels Werkotsch bei Aussig in Böhmen mit seinem säulenförmig abgesonderten Gestein.
Nach einer Photographie.

Die mineralische Zusammensetzung der basaltischen Gesteine ist eine ziemlich einfache. Feldspat, Olivin, Augit und Magneteisen sind die hauptsächlichsten Bestandteile dieser bald körnig, bald dicht, bald auch glasig entwickelten Felsart. Echte glasige Basalte sind z. B. die Laven der Hawai-Vulkane. Mannigfach ist die Verwendung der basaltischen Gesteine zu Pflasterungen,

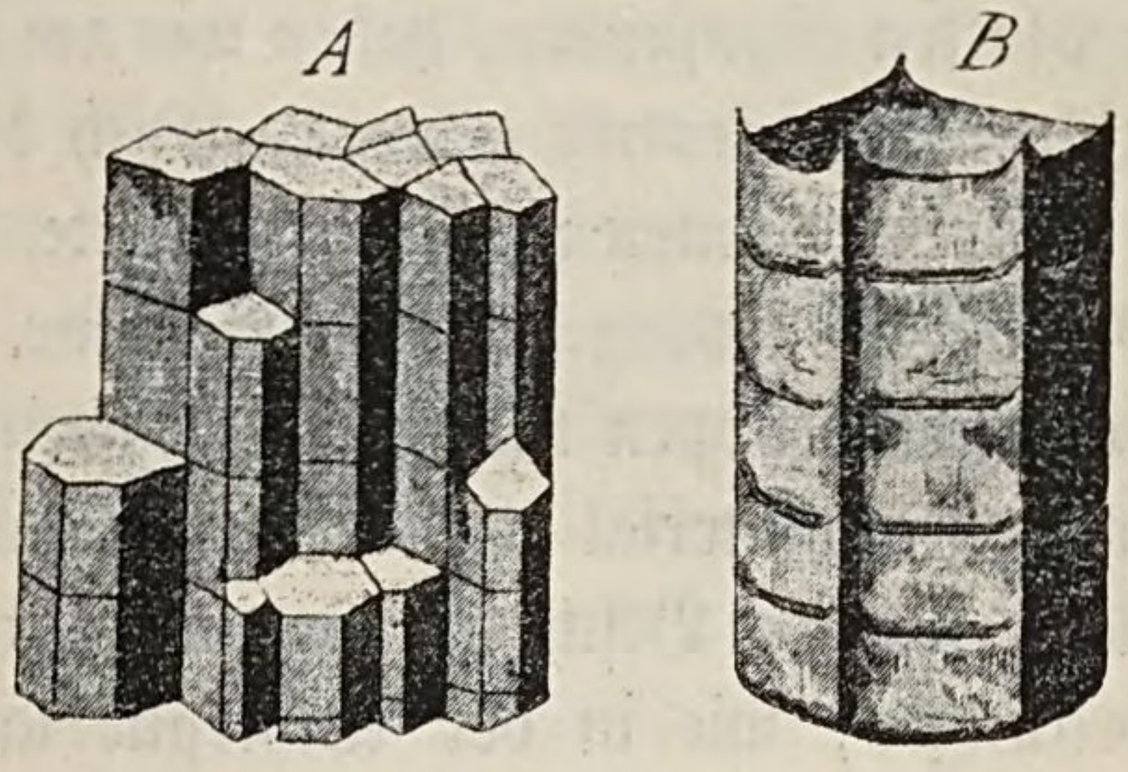


Fig. 32. Basaltsäulen in verschiedenartiger Gliederung.

Chausssierungen, im Hochbau, bei der Herstellung von Brücken (Moselbrücke von Coblenz) u. s. f. Zu den Basalten gehört auch die berühmte Mühlsteinlava von Niedermending am Laacher See, welche schon von den Römern abgebaut wurde und heute in der Form von Mühlsteinen, Schwellen u. s. f. in die weite Welt versandt wird. Die Mühlsteinlava ist ein basaltischer Lavastrom, welcher einem der Vulkane des Laacher Sees, dem Forstberge entströmt ist und zuweilen an 25 Meter Mächtigkeit erreicht.

Die Trachyte, die körnig oder auch porphyrisch struiert sind, und zumeist von Feldspat, kleinen Nadeln von

Hornblende und von Magneteisen als wesentlichen Gemengteilen gebildet werden, stehen an Häufigkeit des Vorkommens auf Erden dem Basalte nur wenig nach. Gewisse Trachytarten geben ein schönes, wenn auch nicht immer sehr haltbares Baumaterial. Eines der riesigsten Bauwerke Deutschlands, der Dom zu Köln, ist aufgebaut aus Trachyt vom Drachenfels im Siebengebirge.

Den Phonolith oder Klingstein und dessen Neigung, sich in Platten abzusanden, haben wir am Hohentwiel und am Borschen schon kennen gelernt. Auch diese Felsart ist eine auf unserem Planeten sehr verbreitete, wenn auch weniger, als die beiden vorgenannten Gesteine. In dom- und glockenförmigen Kuppen tritt der Klingstein besonders gern auf, als Baumaterial hat diese Felsart weniger Wert, höchstens für die Beschotterung von Straßen oder zu Dacheindeckungen, wie in der Auvergne kann dieselbe verwendet werden, auch hier und da in der Glasindustrie zur Herstellung roher Glaswaren. Jedoch hat der Phonolith die nicht zu unterschätzende Eigenschaft, beim Verwittern einen sehr guten Ackerboden zu geben.

Genau wie die Basalte, so besitzen auch eine Reihe anderer vulkanischer Felsarten glasige Ausbildungsformen, so die als Obsidiane bezeichneten Gesteine, welche nach dem Römer Obsidius genannt werden, der dieselben zuerst aus Äthiopien nach Rom gebracht haben soll. Der Obsidian war schon den alten Griechen bekannt, welche Pfeile, Lanzenspitzen und andere Gegenstände daraus gefertigt haben, in prähistorischer Zeit hat dieses Material einen Handelsartikel gebildet, und die Einwohner des alten Mexikos, woselbst Obsidiane häufig vorkommen, verarbeiteten

dasselbe zu den verschiedensten Waffen. So berichtet auch der Eroberer Ferdinand Cortez an Kaiser Karl V., daß in diesem Lande Barbiere mit Obsidianmessern rasierten.

Ganz besonders geeignet zu messerartigen Instrumenten ist der Obsidian schon deshalb, weil derselbe bei jedem geschickten Hammerschlage in längliche, messerklingenartige Splitter zerfällt, welche zuweilen haarscharf sein können. Die Obsidiane sind von schwärzlicher, oftmals tiefdunkler Farbe, in seltenen Fällen zeigen dieselben einen eigentümlichen Schiller, so z. B. ein Vorkommen vom Cerro de las Navajas in Mexiko, das goldig schimmert, eine Erscheinung, welche von langgezogenen, lagenartig in der Felsart zerstreuten Luftporen herrührt. Man unterscheidet Trachytobsidiane, Liparitobsidiane, auch Phonolithobsidiane, je nach dem Gesteinstypus, dessen glasige Ausbildung die betreffenden Obsidiane sind. Blasig, schwammig oder auch schaumig entwickelte Gläser nennen wir Bimssteine, die in vulkanischen Gegenden allgemeine Verbreitung besitzen, in Deutschland besonders in der Umgebung des Laacher Sees in einer Mächtigkeit von 17 Meter und darüber. Die Bimssteine kommen meist als weiße, graue oder gelbliche, abgerundete oder auch eckige Stücke vor, als direkte Auswurfsprodukte der Feuerberge; es sind, wie Gümbel treffend sagt, im Wasserdampfe porös abgelöschte Lavabrocken. Wenn der Wind über den im Innern des Kilaueakraters auf Hawai (S. 74) brodelnden Lavasee dahinstreicht, nimmt derselbe kleine Tröpfchen des glutflüssigen Gesteins mit sich fort und zieht dieselben dann in haarfeine Fäden aus, wie die Eingeborenen sagen, in die Haare Peles, der Göttin, die tief im Feuerschlund

des Ma' una Loa hausen soll. Zu mannigfacher Verwendung ist der Bimsstein gut, als Schleif- und Poliermittel, in Verbindung mit Mörtel als Gewölbestein — die Kuppel der Hagia Sophia zu Konstantinopel ist daraus hergestellt —, als Filtriermaterial und noch zu anderen Zwecken mehr. Berühmt als die besten der Erde sind die Bimssteine vom Campo bianco auf der Insel Lipari, woselbst sie durch eine Art Stollenbergbau gefördert werden. Der Campo bianco ist ein ehemaliger Krater, und seine aus weißem Bimsstein (Pumice der Italiener) bestehende Umwallung ist wie durchsiebt von tausenden von kleinen Löchern und Stollen, welche die Eingeborenen zum Zweck des Auffindens größerer Stücke in dieselben getrieben haben.

Die Zahl der Ergußgesteine ist eine allzusehr bedeutende, als daß wir uns hier mit der Aufzählung und Beschreibung anderer, als nur der wichtigsten Typen derselben befassen könnten. Wir wenden uns nun zur Betrachtung der noch übrigen massigen Felsarten, zu derjenigen der plutonischen oder Tiefengesteine und der Ganggesteine. Ihnen ist das nächste Kapitel gewidmet.

Neuntes Kapitel.

Die plutonischen oder Tiefengesteine und die Ganggesteine.

Körnige Struktur der Tiefengesteine. Massivs und Lakkolithen. Stöcke und Gänge. Gefüge der Ganggesteine. Der Granit und dessen Bestandteile. Der Greisen. Granitische Ganggesteine. Syenit, Diorit, Gabbro und Diabas. Minette und Kersantit. Beweise für den ursprünglich glutflüssigen Zustand der Tiefen- und der Ganggesteine. Ununterbrochener Kryställisationsprozeß der einzelnen Gemengteile. Glaseinschlüsse in den Quarzen der Granite. Einschlüsse flüssiger Kohlensäure in Quarz. Verbindung der Tiefen- mit den Ergußgesteinen. Porphyrische Ausbildung der Randzonen granitischer Stöcke u. s. f. Durch die plutonischen Felsarten hervorgerufene Kontakterscheinungen an ihren Nebengesteinen. Schluß.

Aus den Tiefen des Planeten sind die Ergußgesteine in glutflüssigem Zustande heraufgequollen, als Decken, Ströme und Kuppen haben sich dieselben auf dessen Oberfläche ausgebreitet, oder auch sie treten in Gängen, als Ausfüllungsmassen in Klüften anderer Gesteine auf. Bei der zweiten Abteilung der massigen Gesteine, welche wir nun etwas näher kennen lernen wollen, bei den plutonischen oder Tiefengesteinen ist dies nicht der Fall. Diese sind

in die Spalten und Risse der festen Erdkruste als Massivs, als Lakkolithe, Fig. 33, eingedrungen und haben die Oberfläche des Planeten nicht erreicht. Unter hohem Druck und unter hoher Temperatur vollzog sich daher ihre Ver-

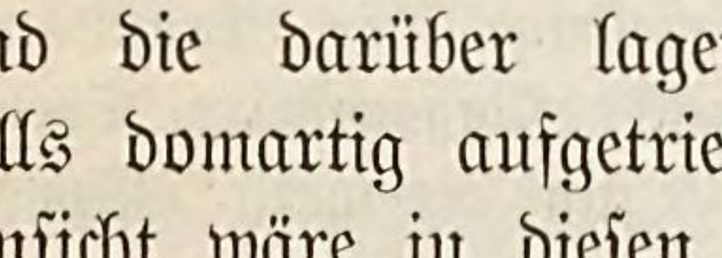


Fig. 33. Schema eines Lakkolithen.

festigung; nur langsam konnten sie erstarren, deshalb auch gut auskrystallisieren, wie dieselben denn auch besonders ausgezeichnet sind durch ihre körnige Struktur. Unter Lakkolithen verstehen wir Einlagerungen glutflüssigen Gesteinsbreies zwischen geschichteten Gesteinen, welche brod-, linsen-, oder auch glockenförmige Gestaltung besitzen und die darüber lagernden Sedimentärgesteine ebenfalls domartig aufgetrieben haben. Nach einer anderen Ansicht wäre in diesen geschichteten Gesteinen durch die faltende und runzelnde Kraft der sich zusammenziehenden festen Erdkruste (Seite 49) ein Hohlraum entstanden, in welchen dann das glutflüssige Material von unten eingedrungen ist. Die Wölbung der über dem Lakkolithen liegenden Schichtgesteine wäre also keine Wirkung dieses ersteren, sondern schon vor dessen Entstehung dagewesen. Der amerikanische Geologe Gilbert hat derartige Erscheinungen in den Henry Mountains im südlichen Utah in Nordamerika nachgewiesen, darunter Lakkolithe von beträchtlichen Dimensionen, so unter anderen den Mount Ellsworth, dessen größter Durchmesser 6400 Meter und dessen kleinster 4800 Meter beträgt, den Mount Hiller mit 6400 Meter im größten und 5200 Meter im kleinsten Diameter, und noch andere mehr. Die Erosion hat die

über diesen lakkolithischen Gebilden ruhenden sedimentären Felsarten teilweise zerstört, so daß die trachytischen Massen zu Tage treten und sich wie riesige Maulwurfshügel bis zu 2000 Meter Meereshöhe über ihre Umgebung erheben. Als ähnliche Gebilde, wenn auch von vielfach noch viel beträchtlicherem Umfang, haben wir uns die zusammenhängenden Massen, die als Massivs, oder, wenn ihre Dimensionen geringere sind, als sogenannte Stöcke, Fig. 34, vorkommenden Tiefengesteine zu denken. Da, woselbst wir diese Felsarten heutzutage an der Erdoberfläche betrachten können, sind dieselben nur durch die zerstörenden Einwirkungen des Wassers, durch die Erosion freigelegt worden, oder auch sie sind durch Niveauveränderungen innerhalb der festen Erdkruste an ihre jetzige Stelle gelangt.

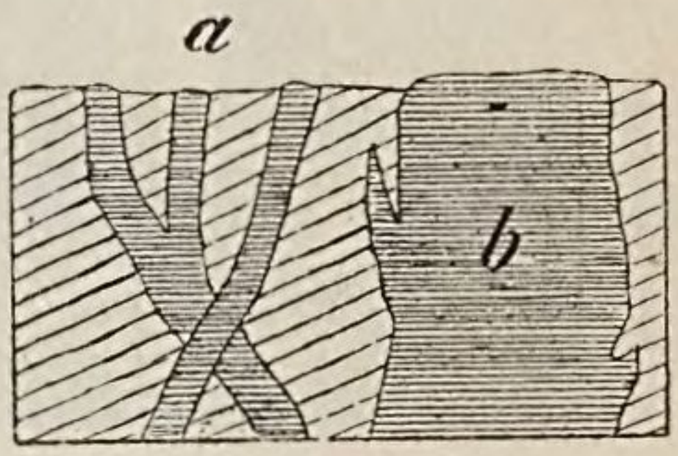


Fig. 34. a. Gangförmig auftretendes Gestein. b. Stockförmig auftretendes Gestein.

Neben den Tiefengesteinen unterscheidet man in neuerer Zeit noch eine dritte Gruppe von massigen Felsarten, diejenige der Ganggesteine, welche mit nur seltenen Ausnahmen in der Form von Gängen auftreten. Gänge, Fig. 34 und 35, sind Ausfüllungsmassen von Spalten und Klüften im Gestein, die entweder einfach ausgebildet oder auch verzweigt sein können, indem sie Apophysen (Seitenäste) in die von ihnen durchsetzten Felsarten senden. Die nebenstehende Abbildung mag dies erläutern. Die Ganggesteine sind entweder körnig oder auch porphyrisch ausgebildet. Wenn der letztgenannte Umstand der Fall ist,

so zeigt sich aber bei näherer Betrachtung niemals ein mikrofelsitisches Gefüge; stets löst sich die makroskopisch dicht erscheinende Grundmasse unter dem Mikroskop auf in eine mikrokrystallinische. Dieser Verhältnisse wegen nähern

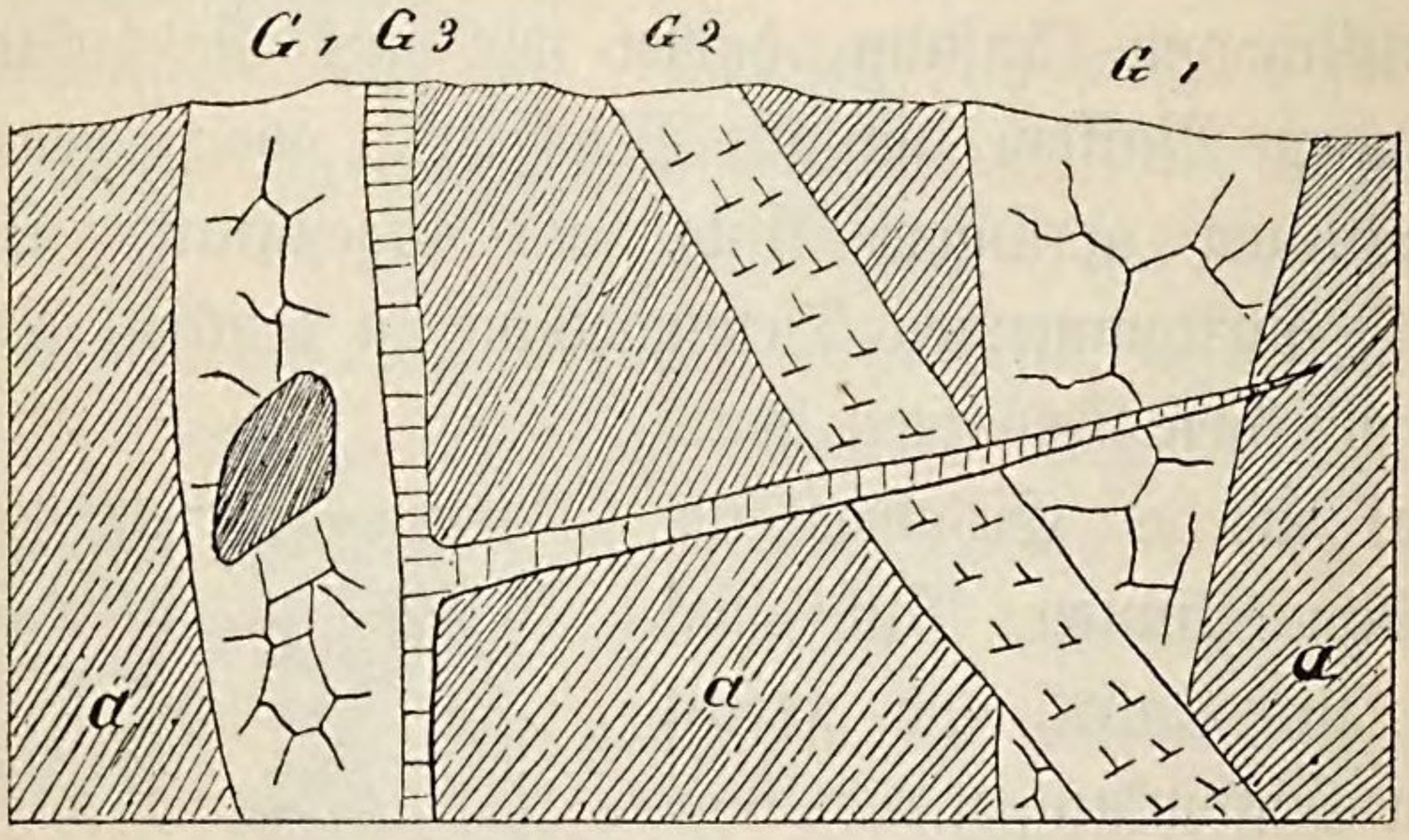


Fig. 35. Verschiedenartige Granitgänge im Gneiß des Ilzthales im ostbayerischen Waldgebirge. Nach Gümbel.

a. Gneiß. G_1, G_2 und G_3 verschieden entwickelte Gänge von Granit. Gang G_3 sendet eine Apophyse aus, welche die Gänge G_1 und G_2 durchsetzt hat.

sich die Ganggesteine den Tiefengesteinen; durch ihr gangförmiges Vorkommen jedoch stehen sie wiederum im Konnexe mit den Ergußsteinen, wie sie denn auch gewissermaßen eine Verbindung zwischen diesen letzteren und den Tiefengesteinen herstellen. In betreff ihrer mineralischen Zusammensetzung stehen die Ganggesteine in naher Verwandtschaft mit den letztgenannten Felsarten, und eine Reihe von Typen derselben findet sich wieder bei den ersteren vor.

Zu den weitverbreitetsten Tiefengesteinen gehört der Granit, dessen wesentliche Bestandteile wir schon kennen als Feldspat, Quarz und Glimmer. Das erstgenannte dieser drei Mineralien finden wir im Granit vorzugs-

weise in der Form des Orthoklases oder des Kalifeld=spats. Kieselsäure, Thonerde und Kali setzen denselben zusammen. Die für den Menschen wichtigste Substanz dabei ist das Kali, eine Verbindung des silberweißen, vom Erfinder der Sicherheitslampe, Humphrey Davy zuerst in reinem Zustande dargestellten Elementes Kalium mit Sauer=stoff. Es ist dieses letztere ein höchst wichtiger Faktor für die Vegetation und es bildet einen wesentlichen Be=standteil in der Asche der Landpflanzen. Mit der großen Rolle, welche das Kali im Haushalte der Natur spielt, steht auch dessen außerordentliche Verbreitung in der Erd=rinde, im Feldspat, im Granit in Einklang. Neben dem Kalifeldspat finden wir auch stets etwas Natronfeldspat oder Oligoklas im Granit vor. Schöne Orthoklaskrystalle sind in den granitischen Felsarten keine Seltenheit; be=rühmt sind die sogenannten Zwillingsbildungen, eine nach gewissen krystallographischen Gesetzen stattfindende Ver=wachsung zweier Feldspatkrystalle, welche besonders schön zu Karlsbad in Böhmen und in den großen Granit=brüchen von Baveno am Lago maggiore vorkommen, die Karlsbader und die Bavenoer Zwillinge.

Der Quarz ist krystallisierte Kieselsäure. So einfach uns dieser Umstand heutzutage auch erscheint, in früheren Zeiten wußte man dies nicht und hielt sogar die reine Abart dieses Minerals, den Bergkrystall für zu Stein gewordenes Eis. Der große Albertus hat noch im 13. Jahrhundert die Ansicht ausgesprochen, die Kälte des Hochgebirges, verbunden mit den intensiveren Lichtstrahlen der hohen Regionen erzeuge aus dem gewöhnlichen Eis den Bergkrystall. Erst, als eine neue Art und Weise

des Denkens und Forschens sich Bahn gebrochen hatte, die empirische Wissenschaft, wie J. J. Becher, ein bekannter Naturforscher des 17. Jahrhunderts und einer der ersten Empiriker, sagt, „jenes vernünftige, feine und seltsame Studium, von dem man keine Spur in den Schriften der Philosophie findet, welche mit ideellen Abstraktionen und Einbildungen zufrieden, so an bloßen Namen hängen und darin glücklich sind, daß sie gar nicht wissen, wie viel sie nicht wissen“, erst dann ist der Beweis dafür erbracht worden, daß Quarz resp. Bergkrystall kein versteinertes Eis darstellt, sondern aus Kieselsäure besteht. Der Schwede Torbern und der Deutsche Martin Heinrich Klaproth teilen sich in die Ehre dieser Entdeckung. Die schönen Quarzkrystalle sind schon den Alten aufgefallen, und zu wiederholten Malen gedenkt ihrer der römische Naturforscher Plinius. In der geschlossenen Masse des Granits gelangten dieselben nur selten zu vollkommener Ausbildung, denn die dichtgedrängten Krystallkörnchen der granitischen Gemengteile hinderten sich gegenseitig in ihrer Entwickelung. Da aber, wo in granitischen Gesteinen Hohlräume entstanden, da wuchsen oftmals herrliche Krystalle hinein. In den Gebirgen der Alpen kennt man derartige Höhlungen, die sogenannten Krystallkeller, deren reicher Inhalt an Bergkrystallen manchem derselben Weltberühmtheit verschafft hat. Einer der bekanntesten Funde in dieser Beziehung ist derjenige, welchen arme Strahler, d. h. Leute, die sich mit dem Aufsuchen und Ausbeuten solcher Krystallkeller ernähren, im Jahre 1868 am Galenstocke nahe am St. Gotthardtpasse gethan haben. Dort entdeckte man hoch über dem Tiefengletscher eine etwa

sieben Meter tiefe und nur fünf Meter breite Höhle, worin eingebettet in feinen Sand und vermengt mit herabgestürzten Felsstücken eine Reihe der allerschönsten Bergkrystalle lagen, meist etwas schwärzlich angehauchte Exemplare, zu den Morion und Rauchtopas genannten Varietäten gehörig. In den Museen zu Bern und zu Genf werden die größten Stücke aufbewahrt, denen man teilweise besondere Namen gegeben hat. So ist der „Großvater“ 69 Centimeter lang und wiegt 133,5 Kilogramm, der „König“ hat sogar 87 Centimenter Länge bei 127,5 Kilogramm Gewicht. Etwa 15 000 Kilogramm des edlen Materials hat der Krystallkeller am Tiefengletscher geliefert, im Gesamtwerte von 300 000 Mark.

Der dritte der wesentlichen Gemengteile des Granits ist der Glimmer, von vollkommener Spaltbarkeit, bald silberweiß, dann eisenfrei, bald eisenhaltig, dann von schwärzlicher Farbe. Fast unbegrenzt ist die Teilbarkeit dieses Minerals in einzelne Blättchen. Was seine chemische Zusammensetzung betrifft, so ist dieselbe eine sehr wechselnde und oftmals komplizierte. Neben Kieselsäure, Thonerde, Magnesia, Eisen, Kali, Natron und Wasser nehmen auch Fluor und zuweilen auch Lithium daran teil.

An accessorischen Gemengteilen ist der Granit nicht arm. Da wären zu nennen der Turmalin, ein Edelstein, welcher besondere elektrische Eigenschaften besitzt und eine Kieselsäureverbindung, ein Silikat darstellt, sodann der Beryll, bestehend aus Beryll-, Thonerde und Kieselsäure. Die edle grüne Abänderung des Berylls nennt man Smaragd, die bläulich grüne Aquamarin, welche letztere gegenüber dem Smaragd zwar um das zehnfache im

Werte zurücksteht, dennoch aber als Edelstein sehr geschätzt wird. Herrliche Beryllе liefern die Berge des Ural und Transbaikaliens, dann das Tunkathal in Columbien, dessen reiche Fundstellen die Spanier gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts entdeckten und ausbeuteten, wie eine alte Chronik erzählt, „das Schwert in der einen, die Hacke in der anderen Hand“. Noch härter als Beryll und Turmalin ist ein anderes accessorisches Mineral des Granits, der Topas. Wir nennen diese Substanz eigentlich mit einem falschen Namen; derselbe stammt aus dem Altertum und galt für einen Edelstein, den man auf der Insel Topazos im roten Meere grub und als Topazion bezeichnete, ein Mineral, welchem ganz wunderbare Eigenschaften zugeschrieben wurden. Es sollte ein Palliativ sein gegen Zornausbrüche, auch gegen Melancholie und Dummheit, ja sogar seinem Träger Weisheit verleihen. Derjenige Edelstein jedoch, den wir als Topas bezeichnen, ist nicht der Topazion der Alten; dieser ist vielmehr unser heutiger Chrysolith (Goldstein), ein schön grünlich oder gelbgrünlich gefärbtes Mineral, das zur Olivingruppe gehört, während unser Topas eine Verbindung von Kieselsäure, Thonerde und Fluor darstellt. Seine Farbe schwankt vom weißlichen Gelb zum Honiggelb, bisweilen ist der Topas jedoch auch farblos. Wenn man den Stein vorsichtig glüht, so gelingt es, demselben einen dunkleren und edleren Farbenton zu geben, eine von den Juwelieren vielfach angewandte Praxis. Auch für den Topas besitzen der Ural und Transbaikalien wichtige Fundstellen, und der Hauptmarkt für dieses Mineral findet zu Nertschinsk statt, doch liefert auch Brasilien schöne

Exemplare davon, nicht minder das sächsische Voigtland, u. z. am Topasfelsen Schneckenstein. Prachtstücke von diesem letztgenannten Orte kann man zu Dresden im grünen Gewölbe bewundern.

Zuweilen geht ein Granitmassiv oder ein Granitstock an seinen Rändern über in ein eigentümliches, nur aus Quarz und Glimmer, und zwar meist Lithionglimmer bestehendes Gestein, in den Greisen, welcher letztere zwei häufige Begleitmineralien aufweist, den Topas und das Zinnerz. Nach Dalmer, einem deutschen Geologen, dem wir eine eingehende Beschreibung der Zinnerzvorkommnisse von Altenberg und Zinnwald im sächsischen Erzgebirge verdanken, sind die Greisen genannten Felsarten die Produkte einer sekundären, nach der Erstarrung des Gesteins von dessen Klüften und Spalten aus erfolgten Umwandlung des Granits. Im Magma dieses letzteren waren in der Hitze flüchtige Fluor- und Chlorverbindungen vorhanden, und nach den Ausführungen des französischen Forschers Daubrée ist es sehr wahrscheinlich, daß Zinn aus solchen zur Ausscheidung gelangt ist. Ein für diese Ansicht schwer ins Gewicht fallender Umstand ist der, daß das Zinnerz meist von fluor- und chlorhaltigen Mineralien, so z. B. vom ebengenannten Topas begleitet wird. Das Zinnerz tritt in den Greisengesteinen als Zinnstein auf. Bei Altenberg kommt dasselbe z. B. fein in das Gestein eingesprengt vor in Gestalt von 0,01 bis etwa 0,1 Millimeter messenden, in der Regel mit bloßem Auge nicht bemerkbaren Erzkörnchen, und der Gehalt an Zinnstein wechselt am besagten Orte zwischen 0,1 und 0,9 Prozent. Gegenwärtig werden daselbst etwa 2,7 Zentner

reines Zinn aus ungefähr 950 Zentner Felsmasse gewonnen.

Größere Vorkommnisse von Granit finden sich in Deutschland im Schwarzwald und in den Vogesen, im Harz, im Böhmerwald, im Fichtel-, Erz- und im Riesengebirge, im Thüringerlande u. s. f. Berühmt sind die großen Bruchstellen dieser Felsart zu Baveno am Lago maggiore, diejenigen von Ramnäs und von Ytterby in Skandinavien und von der Nordostspitze der Insel Bornholm. Mit Recht hat man den Granit den vornehmsten Baustein der Monumentalarchitektur genannt, herrliche Bauwerke und Denkmale sind aus demselben gefügt. Der an 50 Meter hohe Obelisk von Luxor auf dem Konkordiaplatze zu Paris ist ein einziger Block, ein Monolith aus dieser Felsart, aus einem ebensolchen ist die schöne Granitvase vor dem neuen Museum in Berlin, die 6,6 Meter Durchmesser und 75 000 Kilogramm Gewicht besitzt, ausgehauen, aus Granit ist die Friedenssäule auf dem Bellealliance-Platz in der deutschen Reichshauptstadt gemacht, die Waterloo-Brücke in London, das Postament zu der Bildsäule Peter des Großen in St. Petersburg, und noch viele andere Dinge mehr.

Ganggesteine vom Typus der Granite sind ebenfalls bekannt, dahin gehören die als Muscovitgranite oder auch als Aplite bezeichneten Felsarten, die im Odenwald, im Schwarzwald, in den Vogesen zu finden, überhaupt sehr verbreitet sind und sowohl als stockförmige Granitmassen auftreten, oder auch sedimentäre Gesteine durchbrochen haben.

Weitere wichtige Tiefengesteine sind die Syenite, den

Graniten nahe verwandte Felsarten, und die Diorite, welche vorwiegend aus einem Natronfeldspat und Hornblende bestehen und ein sehr gutes Pflastermaterial liefern. In den berühmten Dioritbrüchen von Quenast in Belgien werden im Jahre etwa 25 Millionen Pflastersteine und über 150 000 Kubikmeter Straßenpflaster gewonnen. An 2000 Arbeiter sind dort beschäftigt. Auch den Gabbro, eine aus einem Plagioklas-Feldspat und aus Diallag zusammengesetzte Felsart müssen wir hier erwähnen. Das in der Kunstgeschichte viel erwähnte, Verde di Corsica genannte Gestein gehört dazu. Schließlich führen wir noch den Diabas an, seiner grünen Farbe wegen früher Grünstein genannt, eine Bezeichnung, welche zuweilen ebenfalls für den Diorit gebraucht wurde. Die Diabase, welche aus einem Plagioklas-Feldspat und Augit mit vielfach hinzutretendem Olivin gebildet werden, besitzen große Verbreitung, sind aber für die Technik und Kunst nur wenig brauchbare Gesteine. Wie die granitischen Felsarten, so haben auch die allermeisten übrigen Tiefengesteine Vertreter unter den Ganggesteinen, so die Syenite die sogenannten Minetten, ein in den Vogesen sehr verbreiteter Gesteinstypus, welcher seinen Namen von einer alten Bergmannsbezeichnung hat, ferner die Diorite die Kersantite benamsten Gesteine, welche zuerst in der Nähe von Brest in Frankreich nachgewiesen wurden, seither aber noch an vielen anderen Stellen unserer Erdoberfläche erkannt worden sind, u. s. f.

Welches sind nun die Beweise für die pyrogene Entstehung der Tiefen- und der Ganggesteine, für ihren ursprünglich glutflüssigen Zustand? Während bei den

vulkanischen Felsarten, bei den Ergußgesteinen glasiges Gefüge sich sehr häufig beobachten läßt, können wir ähnliche Verhältnisse bei den Tiefengesteinen nicht nachweisen. Dieselben sind körnig entwickelt, wie wir sahen. Soviel wir heutzutage wissen, ging zuerst die Ausscheidung der in den betreffenden Felsarten enthaltenen Erze vor sich, dann erstarrten die accessorischen Gemengteile, hierauf die eisen- und magnesiahaltigen Substanzen, dann erst verfestigten sich die Feldspate, schließlich der Quarz.

Von besonderer Wichtigkeit ist es, daß alle diese Mineralien jedoch einer einzigen Generation angehören, daß der Krystallisationsprozeß niemals unterbrochen wurde, um später wieder aufgenommen zu werden. Die Bildung eines jeden Gemengteiles war eine fortlaufende und vollzog sich in einem einzigen Zeitabschnitt. Ihr ging voraus oder folgte die Auskrystallisierung der anderen Mineralien des Gesteins. Für die Struktur der plutonischen Felsarten ist dieser Umstand bezeichnend, bei den Ergußgesteinen ist dies jedoch nicht der Fall. Wir erinnern uns hier, daß bei vielen Laven der Gegenwart — und gleiches gilt für die vulkanischen Felsarten im engeren Sinn überhaupt — schon im Vulkanschlot selbst Krystallbildung vor sich geht, derart, daß schon fertige Krystallindividuen verschiedener Gemengteile, die Mineralien erster Generation (Leucit, Olivin u. s. f.) mit der geschmolzenen Lava ausfließen, und daß während des Magmaergusses eine nochmalige Auskrystallisierung erfolgt, und die Mineralien zweiter Generation sich entwickeln.

In den oberflächlichen Partieen eines bei Predazzo im Fleimserthal in Südtirol vorkommenden Granits hat

man im Jahre 1879 glasige Gebilde nachgewiesen, und zwar in den Quarzen der genannten Felsart, in denjenigen der einem tieferen Niveau angehörigen granitischen Gesteine in der Umgebung Predazzos sind dieselben jedoch nicht mehr vorhanden. Wenn das Vorhandensein einer Glasbasis oder von Glaseinschlüssen der einzige untrügliche und sichere Beweis ist für die auf eruptivem Wege erfolgte Bildung eines Gesteins, wie das vielfach gefordert wird, so wäre dasselbe hiemit für den Granit geliefert. Allerdings müssen wir hier bemerken, daß gegen die primäre Ausbildung der Glaseinschlüsse von Predazzo Bedenken und Einwürfe laut geworden sind; die besagten Dinge sollen also nicht ursprünglich in den Quarzen vorhanden gewesen, sondern erst nachträglich darin entstanden sein, und zwar durch die frittende Einwirkung einer in nächster Nähe ihres Vorkommens ausgeflossenen Melaphyrdecke. Neben den soeben erwähnten Glaseinschlüssen sind aber noch eine Reihe anderweitiger Thatsachen beweisend für die Entstehung der Tiefengesteine aus glutflüssigem Magma. In den Quarzen der Granite werden zuweilen Flüssigkeitseinschlüsse beobachtet, deren Natur als liquide Kohlensäure Vogelsang zuerst feststellen konnte. Derartige Gebilde sind nur unter hohem Druck entstanden. Sodann hat die geologische Erforschung unserer Erdoberfläche gezeigt, daß an den Rändern von Granitmassivs und von granitischen Stöcken dieses Gestein eine porphyrische Ausbildung zeigt, die Grundmasse desselben ist dann aber mikrokrystallinisch entwickelt, besteht also aus lauter wohlentwickelten Mineralteilchen. Solche als Granophyre oder auch als Mikrogranite bezeichnete Felsarten treten aber

wiederum selbständig in der Gestalt von Gängen, oder wie am Hochfelde in den Vogesen und bei Lugano im Tessin, als mächtige Decken auf. Der zentrale Teil dieser letzteren besteht aus einem mehr granitischen, deren Randzone aus einem mehr porphyrischen Gestein, und zwar aus einem solchen mit mikrofelsitischem Gefüge, dessen Grundteig also nicht mehr in einzelne deutlich erkennbare Mineralteilchen zerfällt, nicht mehr individualisiert ist. Die Tiefengesteine sind daher mit den Ergußgesteinen verbunden. Weiter oben haben wir schon betont, wie die Ganggesteine, welche sich nach ihrer Struktur an die erstgenannten der beiden Felsarten, nach ihrem geologischen Auftreten an die vulkanischen im engeren Sinne des Wortes anschließen, ebenfalls ein Bindeglied zwischen diesen beiden Abteilungen der massigen Gesteine darstellen. Wir finden, um hier die eigenen Worte Rosenbuschs zu gebrauchen, an der Randzone, an der der Peripherie der Tiefengesteine gelegentlich die für die Ergußgesteine charakteristischen Strukturformen, während umgekehrt in dem zentralen Teile der Ergußgesteine nicht selten die Struktur der Tiefengesteine vorherrscht.

Zu den weiteren für die pyrogene Natur der Tiefengesteine sprechenden Thatsachen möchten wir auch die von denselben erzeugten Kontaktwirkungen rechnen. Solche sind bei den plutonischen Felsarten sogar in großem Maßstabe nachweisbar, und es sind dieselben unabhängig von der stofflichen Natur der betreffenden Tiefengesteine; sie haben also nicht durch ihre Substanz, sondern durch die mit ihrem Hervorbrechen und Eindringen in die sie umlagernden Felsarten notwendig verknüpften, in diesen

letzteren hervorgerufenen physikalischen Verhältnisse gewirkt. Die Kontakterscheinungen sind nämlich durchaus die gleichen, ob Granite, ob Syenite und Diorite, oder ob andere Tiefengesteine solche hervorriefen. „Der ganze Prozeß," sagt ein Meister in der Gesteinslehre, der genannte Professor Rosenbusch, „ist also wesentlich eine molekulare Umlagerung, zu welcher das Eruptivgestein durch die zunächst von demselben gelieferten Temperatur- und Druckbedingungen den Anstoß, das (veränderte) Sedimentgestein das Material lieferte." Natürlicher Weise sind die Kontaktprodukte verschiedene, je nachdem Thonschiefer, Sand- oder Kalksteine der Kontaktmetamorphose unterlagen. Der Grad, in welchem diese letztere zur Ausbildung gelangte, steht in einer gewissen Beziehung zu der Entfernung vom Eruptivgestein und zu der Umwandlungsfähigkeit der von diesem beeinflußten Felsart. Die Grenze zwischen dem Eruptivgestein und dieser letzteren bleibt in ihrer Schärfe erhalten, und die Stärke der Umwandlung nimmt stetig ab mit der Entfernung vom ersteren.

Eine der bestbekannten Lokalitäten, woselbst derartige von Tiefengesteinen hervorgebrachte Kontaktmetamorphosen

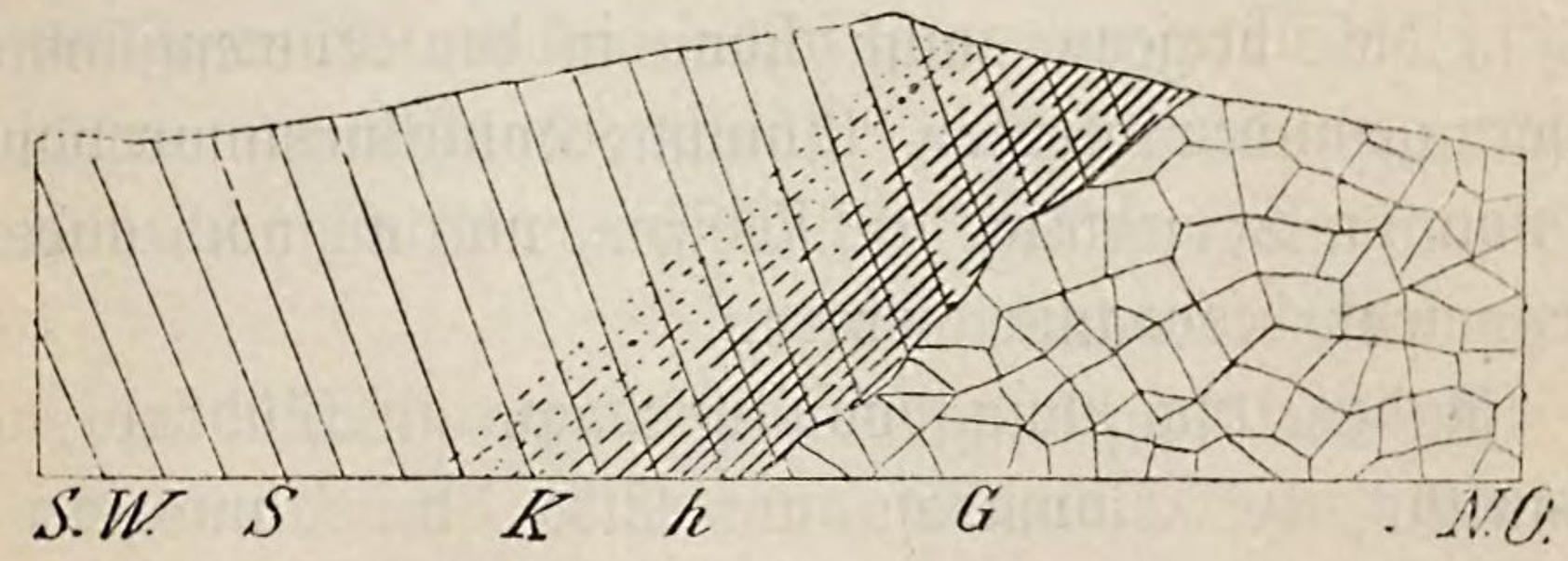


Fig. 36. Durchschnitt durch die Kontaktzone von Barr-Andlau. Nach Rosenbusch. S. Unveränderte Steiger Schiefer. K. Zone der Knotenthonschiefer und der Knotenglimmerschiefer. h. Zone der Hornfelse. G. Granit.

beobachtet werden können, findet sich in den Reichslanden, in den Vogesen, unfern von der Stadt Straßburg. Dort haben in der Nähe der Städtchen Barr und Andlau granitische Gesteine eine Schichtenfolge paläozoischer, geologisch sehr alter Thonschiefer, welche nach dem in der Nähe belegenen Orte Steig die Steiger Schiefer benannt werden, einer gründlichen Umwandlung unterzogen. Dieselbe beginnt, wenn wir uns dem Granitstocke von außen her nähern, mit einer Verhärtung der Schiefer, dann treten kleine Knötchen darin auf, die aber in Beziehung ihrer Substanz sich von der Schiefermasse durchaus nicht unterscheiden, sondern nur durch ihre dunkelere Färbung. Wir sind damit in die Zone der Knotenthonschiefer gelangt. Allmählig verschwinden die Knötchen, und das Gestein wird reicher an Glimmer, zugleich zeigt die Schiefermasse ein grobkörnigeres Gefüge. Es ist dies die Zone der Knotenglimmerschiefer. Die Veränderung wird immer hochgradiger, je näher wir dem Granit kommen, und schließlich stehen wir vor einem kompakten und harten krystallinisch entwickelten Gestein, dem sogenannten Hornfelse, welcher eine Reihe schöner Kontaktmineralien (Seite 196) enthält, als Cordierit, Andalusit, u. s. f., die übrigens auch schon in den Knotenglimmerschiefern gefunden werden. Ähnliche Kontaktmetamorphosen sind noch im Erzgebirge, bei Meißen, und an noch anderen Orten mehr beobachtet worden.

In der Umgebung von Predazzo in Südtirol, am Adamello, bei Colombaja auf Elba, bei Cantazaro in Calabrien, am Konerud bei Christiania wurden deutlich ausgeprägte metamorphische Einwirkungen plutonischer

Felsarten auf kalkige Gesteine konstatiert, ebenso im Harz. Dabei verlor der Kalkstein manchmal seinen Gehalt an Kohlensäure — Kalkstein in reinem Zustand besteht aus kohlensauerem Kalk —, welche dann durch die Kieselsäure ersetzt wurde, so daß die sogenannten Kalksilikathornfelse entstanden, und darin eine Reihe von Kontaktmineralien, als Wollastonit, Granat, Epidot, Spinell, u. s. f. zur Ausbildung gelangten.

An Einwürfen gegen die eruptive Natur der Granite und der mit denselben verwandten Gesteinen hat es nicht gefehlt, besonders nicht von chemischer Seite. Inwiefern dieselben größere oder geringere Berechtigung haben, das zu untersuchen ist hier nicht die Stelle. Wenn wir aber alle die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen ins Auge fassen, welche sich zwischen den einzelnen Abteilungen der massigen Gesteine geltend machen, und deren hauptsächlichste wir nun kennen gelernt haben, so dürfen wir wohl mit vollem Recht den Schluß ziehen, daß auch deren Entstehungsweise eine in ihren großen Zügen gemeinsame ist, daß diese Felsarten insgesamt die Produkte vulkanischer Thätigkeit sind, daß deren Bildung zurückgeführt werden muß auf die eruptive Wirkung eines glutflüssigen Erdinnern.

Zehntes Kapitel.

Das Wasser als geologischer Arbeiter.

Der Kreislauf des Wassers. Die chemische Thätigkeit desselben. Kein Gestein ist völlig undurchlässig für Wasser. Die Bergfeuchtigkeit. Pseudomorphosen und deren Entstehung. Die Bildung des Serpentin. Verwitterung. Die Kaolinisierung des Feldspats. Die Verwitterung des Granits. Felsenmeere. Die Zersetzung der basaltischen Gesteine. Akkumulierende Zersetzung oder Verwitterung. Die Lateritbildung. Die auflösende Thätigkeit des Wassers am Gyps. Gypsschlotten, Erdfälle, Einsturzbeben. Das Erdbeben von Visp im Wallis im Jahre 1855. Die Auflösung des Kalksteins. Die Wunder der Karstlandschaft. Karren und Schratten. Die Dolomitisierung des Kalksteins. Die Entstehung der Achatmandeln, der Zeolithe, der Tropfsteine (Stalaktiten und Stalagmiten) und der Krystallkeller. Die Erzgänge, nach Sandberger.

„Dem Wasser," sagt Credner, „ist die Aufgabe gestellt, dem Vulkanismus entgegen zu arbeiten, umzureißen, was vulkanische Kraft aufgetürmt, auszuebnen, was sie emporgewölbt hat. Das Endziel dieser seiner nivellierenden Thätigkeit ist es, die ursprüngliche, regelmäßige, von Berg und Thal nicht unterbrochene Gestalt der Erde wieder herzustellen."

Über 1000 geographische Kubikmeilen Wassers hebt die Allmutter Sonne jährlich in Dunstform in die Höhe. Von der Oberfläche der Meere, der Seen, der Ströme und Bäche steigt es empor in den Luftkreis, als Regen, Schnee oder Tau kehrt dasselbe zurück aus der Atmosphäre auf unsere Erde, sobald neue Umstände die Wiederannahme seiner früheren Beschaffenheit herbeiführen.

Hier wieder angelangt, fließt das Wasser entweder an der Oberfläche des Planeten ab, oder es dringt in dessen Tiefen ein, um später wieder als Quelle zu Tage zu treten. Als Bach, Fluß oder Strom setzt es dann seinen Weg weiter fort zum Weltmeer; seine Reise, sein Kreislauf beginnt von neuem.

Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder
Zur Erde muß es,
Ewig wechselnd.

Sowohl auf der Oberfläche, als auch im Innern des Felsgerüstes unserer Erde entfaltet das Wasser eine energische Thätigkeit, im ersteren Falle in mechanischer, im letzteren in chemischer Hinsicht, beide Male aber ist seine Rolle auch eine gesteinsbildende, denn aus dem Detritus der zertrümmerten Felsen oder aus den gelösten Substanzen setzt dasselbe neue Gesteine wieder ab.

Wenn das Wasser aus der Atmosphäre auf die Erde niederfällt, enthält es stets etwas Kohlensäure und daneben aus dem Luftkreis an sich gezogenen Sauerstoff und Stickstoff, ferner noch etliche andere in der Atmosphäre enthaltene, hier aber nicht in Betracht kommende

Substanzen. Der Sauerstoff und die Kohlensäure sind es nun, welche dem ins Erdinnere eindringenden Wasser eine gewaltige Kraft verleihen und dasselbe befähigen, hier zersetzend und auflösend vorzugehen, also chemisch zu wirken. Wenn auch der Gehalt an Kohlensäure, welchen das Wasser aus der Atmosphäre mit sich herunterbringt, ein ursprünglich geringer ist und nur etwa 2,5 Prozente der vom Wasser absorbierten Luft betragen dürfte, so wird diese unscheinbare Menge doch meist sofort vermehrt, sobald dasselbe den Erdboden berührt. Dessen obere Schichten sind ja fast immer von faulenden organischen Stoffen, teils tierischer, teils pflanzlicher Natur durchsetzt, und der Verwesungsprozeß erzeugt bekanntlich Kohlensäure, welche das eindringende Wasser zusammen mit organischen Substanzen in sich aufnimmt. Dergestalt beladen tritt es seinen Weg in die Tiefen des Planeten an, und seinem lösenden und zersetzenden Einfluß vermag kein Gestein auf die Dauer zu widerstehen. Sind nun in den vom Wasser durchdrungenen Felsarten irgend welche Stoffe vorhanden, welche mit den beiden genannten Gasen, dem Sauerstoff und der Kohlensäure, eine Verbindung eingehen können, so giebt das einsickernde Wasser dieselbe an die betreffenden Substanzen ab und nimmt dafür wieder andere auf, welche es entweder für sich allein oder unter Mitwirkung der Kohlensäure aufzulösen vermag. Hierdurch erhält das Wasser neue Kräfte zugeführt und kann auf seiner weiteren Wanderung noch fernere Zersetzungen oder Neubildungen veranlassen. Nur der vom Wasser auf seiner Reise mitgenommene Stickstoff geht mit mineralischen Substanzen keine Verbindungen

ein: derselbe bleibt im Wasser absorbiert, bis es irgendwo wieder als Quelle an der Erdoberfläche austritt, und kehrt hierauf in die Atmosphäre zurück.

Wir haben schon kurz angedeutet, daß kein Mineral und kein Gestein für Wasser gänzlich undurchlässig ist. Kleine Haarspalten und Risse durchziehen die felsenbildenden Stoffe, und in diese vielfach nur unter dem Mikroskop sichtbaren Kanäle dringt das Wasser ein, und zwar umsomehr, je bedeutender der Druck der darauf lastenden Wassersäule ist. So tief der Mensch auch noch in die Erde niedergestiegen ist, das Vorhandensein von Feuchtigkeit in den von ihm durchbohrten Gesteinen hat er stets feststellen können, wie auch die zersetzende resp. neubildende Wirkung dieser die Felsen durchsickernden Gewässer, der sogenannten Bergfeuchtigkeit. Ja, diese letztere ist ein viel besserer und fähigerer Arbeiter, als der Chemiker in seinem Laboratorium, denn Stoffe, welche dieser nicht aufzulösen vermag, können, wie die Vorkommnisse in der Natur beweisen, der langsamen, aber stetigen Thätigkeit der Sickerwasser keinen Widerstand entgegensetzen.

Gutta cavat lapidem non vi sed saepe cadendo

„Der Tropfen höhlt den Stein nicht durch Kraft, sondern durch häufiges Niederfallen", so singt schon Ovidius Naso.

Ein jedes Mineral unserer Erde besitzt seine nur ihm eigentümlichen Krystallformen. Der Quarz zeigt vornehmlich eine sechsseitige Säule mit aufgesetzter sechsseitiger Pyramide, der Brauneisenstein tritt dagegen niemals in Krystallen auf, sondern in trauben-, nieren- oder kugelförmigen, übrigens auch in noch andersgestalteten Aggregaten. Wenn wir nun plötzlich Brauneisenstein-

substanz in der Krystallausbildung des Quarzes finden, so bleibt uns eine andere Erklärung für diesen Umstand nicht übrig, als eben nur die Annahme, daß die Sickerwasser die Quarzsubstanz, also die Kieselsäure gelöst und durch Brauneisenstein ersetzt haben. Eine derartige Mineralform nennt man eine Pseudomorphose, weil die betreffende Substanz dabei in einer anderen, als der ihr eigentümlichen Krystallausbildung auftritt, in einer falschen Gestalt, wie der griechische Name besagt. Der Vorgang der Pseudomorphose besteht übrigens keineswegs immer in einer gänzlichen Verdrängung des ursprünglich vorhandenen Minerals durch ein anderes, es kann auch nur ein Austausch oder eine Neuaufnahme von Stoffen dabei stattfinden. Ein Beispiel hierfür. Die Verbindung von einem Molekül Eisen mit zwei Molekülen Schwefel nennt man Eisenkies oder Schwefelkies. Es ist ein in der Natur ungemein häufiges Mineral. Durch die Einwirkung des Wassers wird der Schwefel in der Verbindung gelöst, Sauerstoff und Wasser dafür in dieselbe eingeführt und der Schwefelkies umgewandelt in wasserhaltiges Eisenoxyd, in den Brauneisenstein. Der Mensch mit allen ihm zu Gebote stehenden Hilfsmitteln ist niemals im stande, Quarz zu lösen oder gar in dessen Krystallformen Brauneisensteinsubstanz hineinzudrängen. Aber die Natur vermag's! Für sie giebt es nichts unmögliches in dieser Beziehung, das zeigen die vielen und oftmals in gewaltigem Maßstabe vor sich gehenden Umwandlungsprozesse im Mineral- und im Gesteinsreich, deren Bedeutung für die Oberflächengestaltung unserer Erde wir jetzt näher kennen lernen werden.

Wie geht nun eine derartige Umwandlung vor sich? Das Sickerwasser drängt in die feinen Spältchen und Risse der Mineralien ein, wie wir gesehen haben. Hier wird also der Vorgang seinen Anfang nehmen, was übrigens bestätigt worden ist durch die mikroskopische Gesteinsanalyse. Ebenso fängt die Wirkung der Umwandlung auch an den Mineralrändern an, sich geltend zu machen, und von hier und den erwähnten Spältchen und Klüftchen aus dringt dieselbe weiter ins Herz der Substanz hinein, bis schließlich das ganze Mineral dem Vorgange zum Opfer gefallen ist. Gewisse, einen aus kieselsauerer Magnesia gebildeten Bestandteil, den Olivin führende massige Gesteine, so Diabase, Melaphyre, Basalte u. s. f. haben die Neigung, sich in eine aus einer Verbindung von kieselsauerer Magnesia mit Wasser bestehende, Serpentin genannte Felsart umzuwandeln. Dieser Umstand beruht lediglich nur darauf, daß der von Rissen durchsetzte Olivin allmählig Wasser aufnimmt und sich serpentinisiert, wie man sagt, unter gleichzeitiger Ausscheidung des im Olivin fast immer enthaltenen Eisengehaltes. Die nebenstehende Figur 37 zeigt einen solchen, stark vergrößerten Olivinkrystall und das denselben durchziehende Maschennetz. Das Zentrum jeder Masche besteht noch aus klarem, lichtgrünem Olivin, die randlichen Teile derselben sind jedoch schon in eine feinfaserig struierte dunkelgrüne bis bräunliche Substanz, in Serpentin umgeändert

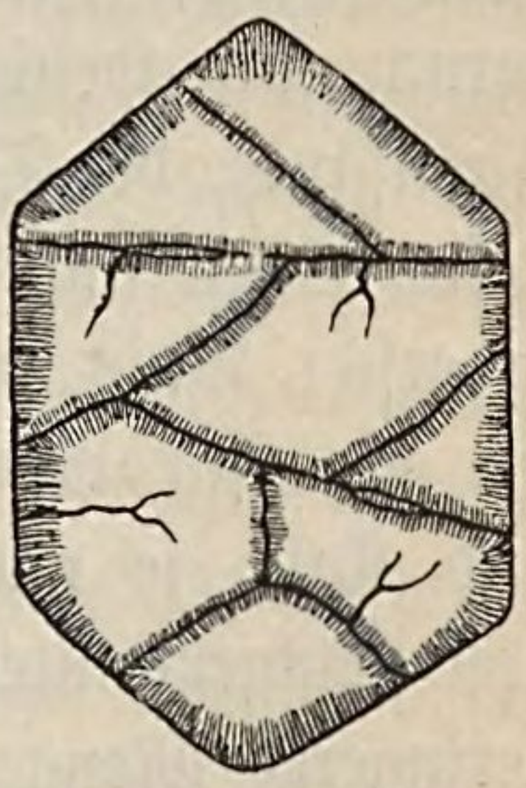


Fig. 37. Olivinkrystall, auf dessen Rändern und Klüften die Zersetzung vor sich geht. Stark vergrößert.

worden. Der Schlangenstein, wie die deutsche Übersetzung des Wortes Serpentin heißt, ist ein wertvolles Gestein, sehr feuer- und wetterfest und von wegen seiner Farbenschönheit und Politurfähigkeit ein zu den allerverschiedensten Ziergeräten und Dekorationsstücken gebrauchtes Material. Die berühmten Serpentinvorkommnisse von Zöblitz in Sachsen, woselbst diese Felsart schon seit der Mitte des 16. Jahrhunderts gebrochen wird, von Todtmoos im Schwarzwald, von Matrey in Tyrol und noch viele andere mehr sind nachweislich aus der Umwandlung solcher olivinhaltiger Gesteine entstanden.

Das kohlensäurehaltige Wasser hat die Eigenschaft, im Laufe der Zeit schon bei gewöhnlicher Temperatur die Kieselsäureverbindungen des kohlensaueren Kalks, des Kalis, des Natrons, des Eisen- und des Magnesiaoxyduls anzugreifen und zu zersetzen. Dabei werden diese Stoffe in Karbonate, in kohlensauere Verbindungen umgewandelt, und die Kieselsäure wird frei. Die Gesteine unserer Erdkruste bestehen nun ihrer Hauptmasse nach aus einer verhältnismäßig kleinen Anzahl von Mineralien, die wiederum nur wenige Substanzen enthalten, worunter die Kieselsäure, die Thonerde, Kali, Natron und Kalk, Magnesia, Eisen und Mangan und noch etliche andere mehr in erster Linie in Betracht kommen. Die Feldspate sind ein Gemisch von Kieselsäure, Thonerde, Kali, Natron und Kalk; je nachdem das eine oder das andere dieser drei letztgenannten Mineralien darin in größerer oder geringerer Menge vorhanden ist, nimmt auch der Gehalt an Kieselsäure in den Feldspaten zu oder ab, die Augite und die Hornblenden werden aus denselben Gemengteilen

gebildet, Olivin ist mehr oder minder eisenhaltige, kiesel-saure Magnesia u. s. f.

Während nun die so gebildeten Karbonate der weiter oben aufgeführten Stoffe von den Gewässern wegge-nommen werden, bleiben die nur sehr schwer löslichen Kieselsäureverbindungen, die Silikate der Thonerde und der Magnesia, zurück. Die Menge von Kieselsäure, welche durch die Bildung der Karbonate der Alkalien u. s. w. im Wasser gelöst wurde, wird ebenfalls von demselben fortgeführt, um anderweitig wieder abgesetzt zu werden, wie nachher gezeigt werden soll. Der soeben geschilderte Vorgang geht nun allenthalben auf der Erdoberfläche vor sich, alle Gesteine müssen demselben unterliegen, und zwar um so mehr, je mehr leicht angreifbare Mineralien sie enthalten. Man bezeichnet diesen Zersetzungsprozeß der Felsarten als Verwitterung. Wie die gesteinsbilden-den Mineralien, so sind auch die Felsen selbst von Ab-sonderungsklüften, Fugen, Spalten und Sprüngen durch-zogen, worauf die Verwitterung sich zuerst fühlbar macht. Neben den chemischen Agentien wirken noch mechanische mit, besonders nahe an der Erdoberfläche, so Pflanzen und Temperaturwechsel, in erster Linie der Frost. Es bedarf keineswegs längerer Zeiträume, bis das Frieren und Wiederauftauen des in ein Gestein eingedrungenen Wassers jenes beeinflussen und sein Gefüge lockern kann. Schon einmalige Frostwirkung genügt, wie experi-mentell nachgewiesen worden ist, um eine dünne Lage mikroskopisch feinen Verwitterungssandes davon abzulösen, dessen Menge von der Gesteinsart selbst abhängig und z. B. bei Sandstein größer ist, als bei Granit, aber auch

bei diesem nicht gänzlich fehlt. Infolge der chemischen Zersetzung der Gesteine und unter Beihilfe der erwähnten mechanischen Faktoren werden diese ersteren aufgelockert und zerfallen allmählig zu Grus, zu thonigem Sande u. s. f., sie werden mit einem Wort mehr oder weniger zerstört. Da besonders gewisse feldspathaltige Gesteine, wie z. B. Granite und Syenite in hervorragender Weise von Klüften und Spalten, zumeist Absonderungserscheinungen bei diesen Felsarten, durchzogen werden, so kann man die oben geschilderten Verwitterungsvorgänge sehr gut daran beobachten.

Letztere nehmen beim Feldspat ihren Anfang, der in den granitischen und syenitischen Gesteinen zu allermeist ein Orthoklas, ein Kalifeldspat ist, und zwar gewöhnlich auf der Oberfläche der Krystalle, um dann von hier aus nach und nach immer mehr nach dem Innern derselben zu fortzuschreiten. Das Mineral geht dabei seiner in frischem Zustande fleischroten Farbe verlustig, eine schmutzigweiße bis graue tritt an ihre Stelle, die ursprüngliche Härte und die den Krystall durchziehenden Blätterdurchgänge verschwinden, schließlich ist aus einem frischen Feldspat eine weißliche, erdige Masse, ein Thongestein, der Kaolin geworden.

Die Sache geht folgendermaßen vor sich:

100 Teile Orthoklas enthalten: Kieselsäure 64,63; Thonerde 18,49; Kali 16,88 Teile.

Entführt werden durch die Sickerwasser: Kieselsäure 43,05; Kali 16,88 Teile.

Aufgenommen werden 6,47 Teile Wasser.

Es blieben also übrig: Kieselsäure 21,58; Thonerde 18,49; Wasser 6,47 Teile, demnach 46,5 Teile Kaolin.

Da aber der Orthoklas niemals absolut rein ist und stets noch andere Stoffe, als die oben genannten, wenn auch in sehr geringen Mengen nur enthält, so tritt der Kaolin auch wiederum nur in sehr seltenen Fällen absolut chemisch rein, sondern mehr oder weniger mit anderen Substanzen gemengt auf. Die gelöste Kieselsäure wird, zumeist in nicht gar zu großer Entfernung von ihrem Ursprungsort, wieder abgesetzt in der Form von Opal, Chalcedon, Hornstein oder Quarz. Die Kaolinisierung der Feldspate greift manchmal in großem Maßstabe um sich, und man kennt eine Reihe bedeutender und für industrielle Zwecke ungemein wertvoller Kaolinablagerungen, welche auf solche Weise aus granitischen und porphyrischen Gesteinen hervorgegangen sind. Wir nennen hier diejenigen von Rönne auf Bornholm, die zur Fabrikation der meisten dänischen Terracottawaren dienen; die wunderschönen, in Kopenhagen so sehr verkäuflichen Nachbildungen Thorwaldsen'scher Meisterwerke sind daraus gemacht. Ferner seien noch die nicht minder berühmten Vorkommnisse von Limoges in Frankreich und von St. Austell in Cornwall erwähnt. Bei dem Natronfeldspat, dem Oligoklas erfolgt die Kaolinisierung noch rascher, als beim reinen Kalifeldspat, am leichtesten verwittert jedoch der Natronkalkfeldspat oder Labrador von wegen seines Reichtums an Kalk und seines geringen Gehaltes an Kieselsäure. In ähnlicher Weise ungefähr, wie die Feldspate, unterliegen auch noch eine Reihe anderer Silikate, so der Augit und die Hornblende der Zersetzung. Da aber diese Mineralien kein Kali in nennenswerter Menge enthalten, so kann auch keine Thonbildung er-

folgen. Alle Thongesteine unserer Erde müssen aus der Verwitterung feldspathaltiger Felsarten entstanden sein. Ein anderer Ursprung derselben ist einfach undenkbar. Überall da, woselbst wir also thonige Gesteine in größerer Ausdehnung finden, dürfen wir mit Recht annehmen, daß, um solche zu bilden, umfangreiche von feldspatführenden Felsarten bedeckte Gebiete vorher der Verwitterung zum Opfer gefallen sein müssen.

Wenn die Verwitterungsvorgänge sich allmählig weiter entwickelt haben, so entstehen in den granitischen und syenitischen Gesteinen Bildungen, wie die nebenstehende Abbildung (Fig. 38) solche veranschaulicht. Die Felsmassen erscheinen dann wie durchzogen von einem völligen Netzwerk zersetzten und mulmigen Gesteinsmaterials, das größere und kleinere noch frische Stücke der betreffenden Felsarten umschließt. Wenn der von der Verwitterung hervorgebrachte Schutt dann von den fließenden Gewässern mit fortgenommen wird, bleiben die im Netzwerk eingeschlossenen größeren Bruchstücke und Gesteinsklötze wie über- und aneinander gehäuft am Orte ihrer Entstehung liegen und geben, wenn ihre Anzahl eine größere ist, Veranlassung zur Bildung der Felsenmeere genannten ruinenartigen Felsgestaltungen, welche in von granitischen Gesteinen eingenommenen Gebieten

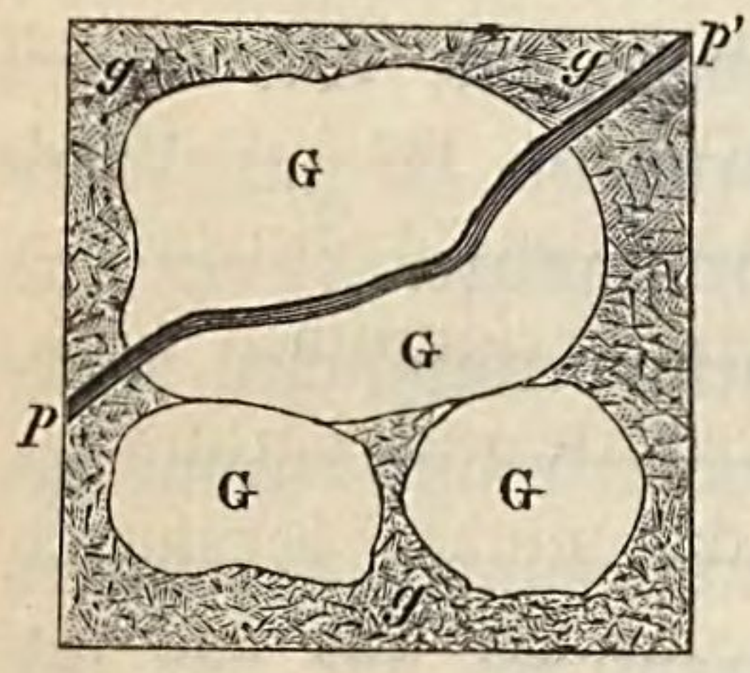


Fig. 38. In Verwitterung begriffener Granit von Urbeis, Vogesen. Nach Delesse.
g. g. g. g. Zu Gruß zerfallenes Gestein. G. G. G. Noch ziemlich frischer Granit. p. p¹. Ein die Granitmasse durchsetzender Gang anderen Granitgesteins.

keine Seltenheit sind, so in den Pyrenäen, im Harz (Brocken), im Fichtelgebirge (Luisenburg), im Schwarz- und Odenwald u. s. f. Daß diese Gebilde nicht anderweitig entstanden sein können, das geht aus der Figur 38 hervor; denn wir sehen hier den mit $p - p^1$ bezeichneten Gang eines etwas anders ausgebildeten Granits die in Zersetzung begriffene und die noch frische Masse eines ähnlichen Gesteins durchziehen. Bis in die Tiefe von 15 bis 20 Meter sind solche Verwitterungserscheinungen am Granit zu beobachten, der bisweilen derartig zerfallen ist, daß man einen gewöhnlichen Spazierstock bis zum Griff mit Leichtigkeit in den Gesteinsmulm hineinstoßen kann. Daß die Kaolinisierung feldspathaltiger Felsarten auf die Wirkungen der Bergfeuchtigkeit, deren Menge natürlich wieder im Verhältnis zu den atmosphärischen Niederschlägen der betreffenden Gegend stehen muß, und der Temperaturschwankungen zurückzuführen ist, das beweist der Umstand, daß derartige Vorgänge in dem durch sein sehr gleichmäßiges und fast gänzlich trockenes Klima ausgezeichneten Ägypten nicht wahrgenommen werden können, und daß die Oberfläche des dortigen Granits sich Jahrhunderte lang ohne merkliche Spuren der Verwitterung erhalten hat, was in Ländern mit sehr wechselnden Witterungsverhältnissen nicht der Fall ist, selbst nicht bei geschliffenen, der Verwitterung also viel schwerer zugänglichen Platten des genannten Gesteins.

In großem Umfange tritt auch die Verwitterung bei den zur Basaltfamilie gehörigen Gesteinen auf. Als Zersetzungsrückstand bleibt eine Wasser, Eisen und noch etwas Magnesia enthaltende Verbindung von Kieselsäure und

von Thonerde, die Basaltwacke oder auch der Wackenthon übrig.

Diese durch die Verwitterungsvorgänge neugebildeten Massen, die wir unter der Bezeichnung Detritus zusammenfassen wollen, werden nun von den auf der Erdoberfläche fließenden und strömenden Gewässern fortgeführt, der Boden, welchen sie bedecken, wird davon frei gemacht. Dies kann aber nur da erfolgen, woselbst der Detritus auf geneigtem Untergrunde liegt. Wenn dies nicht der Fall ist, so verharren die Detritusgebilde am Ort und an der Stelle ihres Ursprungs, ihre Dicke wird mit der Zeit stärker und stärker, weil ja die verwitternd auf die Felsen einwirkenden Vorgänge sich immer in größeren Tiefen geltend machen können. Es erfolgt dann der als akkumulierende Verwitterung oder Zersetzung bezeichnete Zustand, wozu auch die Laterisierung der Gesteine gehört. Wir wollen diese letztere etwas näher kennen lernen.

Laterit hat man in den tropischen und einigen subtropischen Ländern, so in Afrika, in Indien, in Südamerika weitverbreitete Bodenarten genannt, die dort, wo hohe Wärme, Regenreichtum und üppige Vegetation sich vereinigen, durch Zersetzung der verschiedenartigsten Gesteine, als Gneisse, Granite, Diabase, Diorite, Schiefer und Sandsteine entstehen. Der Einfluß des tropischen Klimas, namentlich die höhere Wärme, die größere Regenmenge und der Mangel winterlicher Fröste, das sind hauptsächlich die Faktoren, welche dort eine weit intensivere Verwitterung der Felsarten bewirken, als in unseren Breiten. Bis zu 100 Meter und darüber sind die genannten Gesteine oftmals vollständig zersetzt, aber unter

Beibehaltung ihrer ursprünglichen Struktur. Bezeichnend für die Laterite ist in der Regel ihre rötliche Färbung, im Gegensatz zu der weißgelblichen der verwitterten Gesteine bei uns. Daher auch der Name Laterit, von later, der lateinischen Bezeichnung für Ziegel. Diese Farbe ist wohl auf die unter tropischem Klima rascher vor sich gehende Oxydierung des Eisens zurückzuführen, die verschiedene, hier nicht näher zu erörternde Ursachen hat.

Pechuel-Lösche, dem wir eingehende Untersuchungen über den Laterit verdanken, bezeichnet denselben als einen eisenschüssigen, lebhaft gefärbten Lehm, dessen Eisengehalt in metallischem Eisen ausgedrückt zuweilen 35—36 Prozent beträgt. Das genannte Metall ist teils als Oxyd, teils als Oxydhydrat im Laterit vorhanden. „Wo

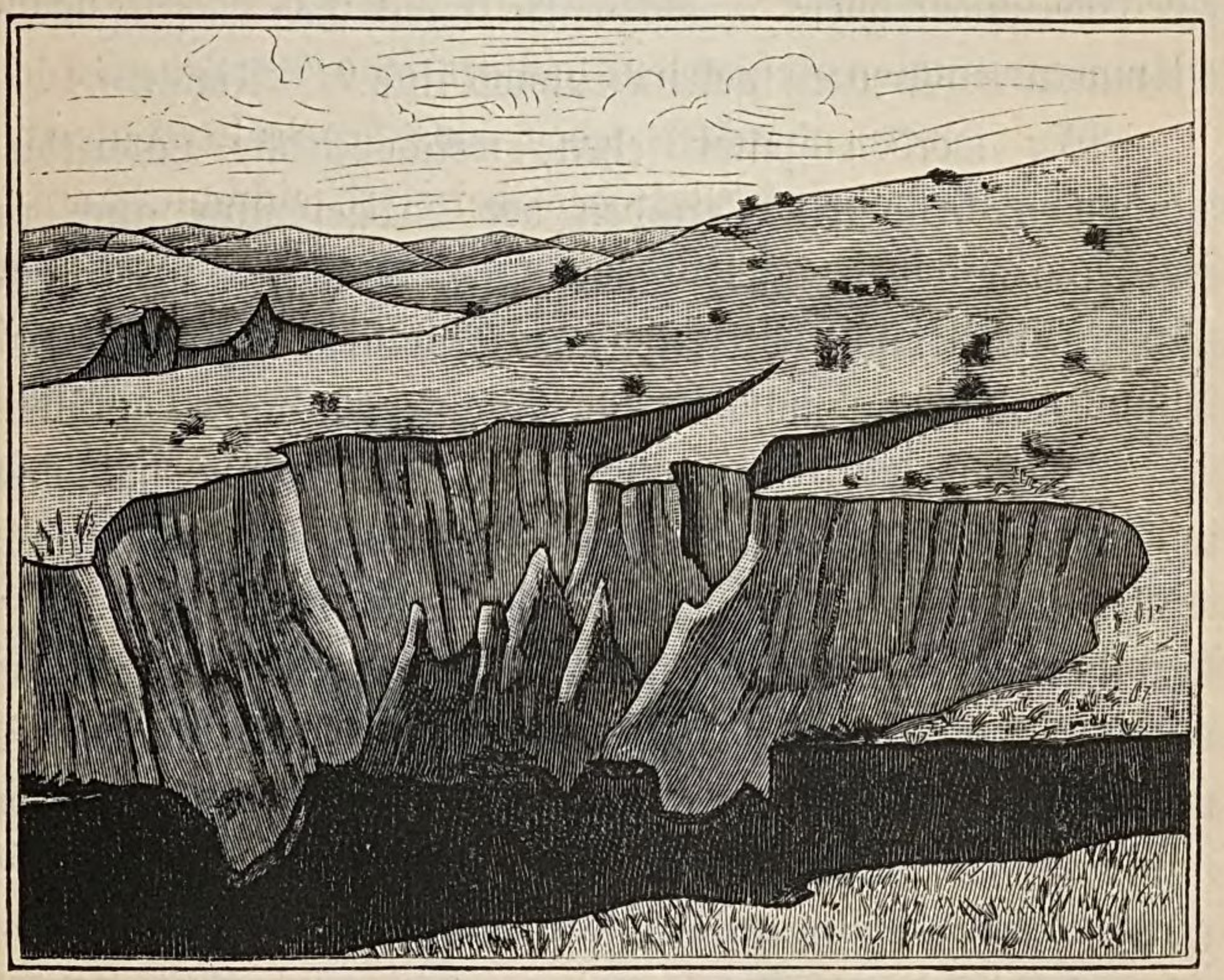


Fig. 39. Lateritlandschaft bei Mpakambendi am Kongo. Nach Pechuel-Lösche.

in Gruben," so sagt der weiter oben erwähnte Afrikareisende, „künstliche Aufschlüsse geschaffen wurden, lassen sich günstigen Falles alle Stadien der Zersetzung vom vollkommenen Laterit bis zum gesunden Fels verfolgen. So namentlich bei Bana am Kongo, wo einige Kaufleute, von der Hoffnung verlockt, Reichtümer zu erwerben, einige Tagebaue in das Gestein getrieben haben. In diesen Einschnitten wird auf das beste der Umwandlungsprozeß veranschaulicht, welchem der Glimmerschiefer unterliegt; die Übergänge sind so allmählig, daß nirgends eine Grenze sich feststellen läßt. Zu unterst ein Mittelglied zwischen den oberen mürben Partien und dem vollkommen gesunden grauen Gesteine bildend, finden sich zwar noch harte, aber doch schon rot gefärbte Stellen des Glimmerschiefers, welche also durch den beginnenden Umwandlungsprozeß gekennzeichnet sind." (Fig. 39.)

Wir werden später sehen, welche Rolle Lateritbildungen in früheren Perioden der Erdgeschichte auch in unseren Breiten gespielt haben, als daselbst noch klimatische Verhältnisse herrschten, welche diese Art der Gesteinsverwitterung in hohem Maße begünstigen mußten.

Neben seinen umwandelnden Eigenschaften hat das in die Tiefen der Erde eindringende Wasser aber noch andere, nämlich völlig auflösende. Es giebt ja gewisse Substanzen, die im Wasser ungemein löslich sind, so die Vitriole, d. h. die schwefelsaueren Verbindungen von Kupfer und Eisen, welche wir im Felsgerüst unseres Planeten nur noch da vorfinden, woselbst günstige Umstände, als z. B. sehr wasserundurchlässige Schichten dieselben vor der auflösenden Einwirkung des feuchten Elements geschützt

haben. Daher die seltenen Vorkommnisse dieser Stoffe in der Natur. Aber auch andere Mineralien und Gesteine müssen den lösenden Kräften des Sickerwassers zum Opfer fallen, die, wie wir schon betonten, für den Menschen überhaupt nur sehr schwer oder gar nicht löslich sind. Der schwefelsauere Kalk, gemeiniglich Gyps genannt, ist ein auf Erden ungemein verbreitetes Mineral, das gesteins=bildend auftritt und in den geschichteten Felsarten größere und kleinere, zuweilen sehr umfangreiche und dicke Ein=lagerungen bildet. Ein Teilchen Gyps ist aber in 400 bis 420 Teilchen Wasser löslich, also immerhin nur sehr schwer. Und dennoch kennt man gewaltige Hohlräume im Erdinnern, sogar solche von meilenweiter Erstreckung, welche nicht anders entstanden sein können, als durch Auslaugung derartiger Gypslager. Man nennt solche Höhlungen Gypsschlotten. Die bekannte Barbarossahöhle am Kyffhäuser ist eine solche Bildung.

Wenn der Druck der auf den Gypsschlotten lastenden Gesteinsmassen zu groß wird, so stürzen dieselben ein, indem dabei eine mehr oder weniger trichterförmige Vertiefung an der Erdoberfläche zur Entwickelung kommt, die Erd=trichter oder Erdfälle genannten Erscheinungen, welche gerade in gypsreichen Gegenden sehr häufig sind und zu=weilen mit Wasser gefüllt, kleine, den Maaren nicht unähn=liche Seebecken darstellen können. Inmitten des norddeutschen Flachlandes erhebt sich ein gewaltiger, der industriellen Spekulation leider nach und nach zum Opfer fallender Gypsklotz, der Kalkberg von Segeberg in Schleswig=Holstein. Hart an dessen westlichem Abhang liegt ein tiefes, kessel=förmiges Wasserbecken, woraus der Sage nach der Teufel

den Kalkberg geholt hat, der kleine Segeberger See, ein typisches Beispiel für einen dieser genannten Erdfälle. Dem Boden des Kanton Wallis werden jährlich gewaltige Mengen von Gyps, an 200 Kubikmeter, durch die Gewässer entzogen. Stark gypshaltige Quellen treten dort überall zu Tage (Leuker Bad), die nicht ohne schädlichen Einfluß auf das Wohlbefinden der Bevölkerung sind, indem durch den Genuß solchen Wassers die Kropfbildung befördert wird, ein im Wallis in erschreckender Weise verbreitetes Leiden. Die fortwährende Auslaugung des Bodens bringt selbstverständlicher Weise aus ähnlichen Gründen, wie die die Erdfälle veranlassenden Ursachen Verschiebungen innerhalb des Felsgerüstes mit sich, welche sich zuweilen unter erdbebenartigen Erscheinungen vollziehen. Ein solches Einsturzbeben hat u. a. am 25. Juli 1855, des Mittags um 1 Uhr das Visper Thal heimgesucht. Es erfolgte ein starker Erdstoß, und die Bewohner erhielten dadurch den Eindruck eines schwindelerregenden Niedersinkens. Unbeschreibliches Geräusch soll die unheimliche Äußerung der Naturgewalt begleitet haben. Man fürchtete, die hohen Berggipfel würden in ihren Grundfesten erschüttert und umfallen, die Felsen und Gletscher krachten, und aus den Spalten des Bodens brachen allenthalben Bäche und Quellen hervor. Der hohe Martinsturm zu Visp, der schönste im ganzen Kanton, warf seine Spitze zur Seite, seine dicken, wie für alle Ewigkeit gebauten Mauern bekamen tiefe senkrechte Risse, und die schweren eichenen Dielen der berühmten Kirche wurden durch den Erdstoß der Länge nach förmlich geknickt. Es war allgemeine Verheerung und Verwüstung, kein Bauwerk blieb davon

verschont. Volle acht Monate hindurch dauerten die erdbebenartigen Phänomene noch an, wenn auch in abnehmender Heftigkeit, dann erst kehrte die Ruhe in das Thal zurück.

Noch weit schwerer löslich als Gyps, ist der Kalkstein für die Sickerwasser, denn 1000 Teilchen desselben vermögen nur ein Teilchen des kohlensaueren Kalkes zu lösen, und dann nur, wenn die ersten selbst mit Kohlensäure gesättigt sind. Wie gewaltig aber dieser Vorgang in der Natur stattfinden muß, und mit welchem Erfolge sie hier arbeitet, das beweist uns folgendes Beispiel. Volger hat festgestellt, daß der Rhein an Basel jährlich etwa 27,5 Billionen Kilogramm Wasser vorbeiführt, das in etwa 10000 Teilen nicht einmal 2 Teile gelöster Stoffe, größtenteils Kalk enthält. Daraus läßt sich berechnen, daß der genannte Strom seinem schweizerischen resp. dem daran grenzenden Areale Kalkmassen von 3500 Millionen Kilogramm, entsprechend 43 946 695 Quadratfuß dieser Substanz entzieht. Die Gesamtmasse aufgelöster fester Stoffe aber, welche im Verlaufe eines Jahres an Basel vorübergleiten, beträgt nach dem erwähnten Forscher fast 59 Millionen Quadratfuß, entspricht also etwa einem Felswürfel von 387 Fuß Höhe, Breite und Dicke.

Es ist wohl einem jeden meiner Leser eine bekannte Sache, daß es im istrischen Lande ein vornehmlich aus kalkigen Gebilden bestehendes Gebiet, den Karst giebt, der förmlich durchzogen erscheint von Höhlen und unterirdischen Grotten, deren Vorhandensein sich oberirdisch durch zahlreiche trichterförmige Vertiefungen, die Dollinen, ein untrügliches Kennzeichen dafür, bemerkbar macht. Man

hat den Verlauf dieser in den verhältnismäßig weichen Kalkgesteinen vom Wasser ausgewaschenen Labyrinthe meilenweit verfolgen können, und deren Erforscher berichten geradezu staunenswerte Dinge von der Schönheit und Erhabenheit solcher Grotten. Eine der berühmtesten derselben ist die Adelsberger Höhle, kein geringeres Wunder des Karstes ist jedoch die Grottenwelt von St. Canzian bei Divača, dem Knotenpunkt der österreichischen Staatsbahn nach Pola, welche die Reka in ihrem unterirdischen Laufe geschaffen hat. „Die im Sonnenglanz prangenden Alpen mit ihren mächtigen himmelanstrebenden Spitzen und Höhen, ihren prächtigen Ausblicken auf das ferne Land, auf Thal und See, bergen nicht alle Schönheit der Natur in sich. Nicht nur hoch oben an unersteiglicher Felswand, auf brüchigem Grat und Felsenband, auf schneebedecktem Gletscher kann der kühne Mann seinen Mut zeigen. Ebenbürtig stellt sich der Oberwelt dunkle Schwester, die Unterwelt in die Reihen der Wettstreiterinnen um den Preis der Schönheit. Wer in ihren Katakomben gewandelt, ihre wunderbaren Gebilde, die Werke von Jahrtausenden erschaut hat, der wird sich hingezogen fühlen zu den finsteren Räumen, in denen ein Lichtblitz phantastische, ungeahnte Bilder dem Auge hervorzaubert. Mit dem grellen Lichtschein erwacht das Leben in den schlummernden Gestalten. Glitzernd schlingt der farbige Sintermantel seinen Faltenwurf über die Felsen, wie von Edelsteinen blinkt es tausendfach am Boden. Weiße Säulen erfüllen gleich Denkmälern diese ernsten, weihevollen Kammern des Berges. Welche Gegensätze bieten die dunkeln Räume! Von dem kaum ver-

nehmbaren Geräusch der fallenden Wassertropfen, welche unermüdlich an den Tropfsteinen in dem totenstillen Raum weiterbauen, bis zum donnernden Getöse der Wasserhöhlen, in welchen sich die Hochflut wälzt und den Boden wanken macht.“ So spricht ein deutscher Mann, der unermüdliche Ergründer der Höhlen von St. Canzian, Friedrich Müller in Triest.

Kein Gestein unserer Erde ist vollkommen gleichmäßig ausgebildet. Größere oder geringere Verschiedenheiten zeigen alle Felsarten. Schon ein ganz kleiner Unterschied in dem Gefüge oder in einer Beimengung von Kiesel oder von kieselsauerer Magnesia, von Dolomit, oder auch von Thon kann die Veranlassung zu einer ungleichmäßig verlaufenden Verwitterung des betreffenden Gesteins sein. Daher kommt es denn, daß fast jede Kalksteinfläche, welche der Nässe ausgesetzt ist, allmählich eine unebene Oberfläche erhält. Sobald nun Vertiefungen vorhanden sind, bilden sich zur Regenzeit Wasserrinnen aus, die infolge dessen immer mehr und mehr vertieft werden, da hier naturgemäß die Auflösung schneller fortschreiten wird. Die zwischen den Rinnen belegenen erhabenen Stellen müssen immer schmaler und schneidender werden, die Unebenheiten steigern sich, und so kommen schließlich kahle, wilde und zerhackt aussehende Kalksteinoberflächen zur Entwickelung, die Karren und die Schratten, Gebilde, welche je nach der Neigung der von ihnen zernagten Flächen bald als zahlreiche parallele und lange Furchen, bald als tiefe Löcher und kürzere Furchen auftreten und zuweilen im Hochgebirge nur vereinzelt sich finden, oder auch ganze und große Strecken überziehen. Wahrhaft

klassische Gebiete zum Studium dieser interessanten Erscheinungen sind das steinerne Meer und die Wildalm im Berchtesgadener Lande. „Jedes Felsköpfchen," sagt Penck, der dieses Areal beschrieben hat, „ist hier angefressen, allseitig strahlen flache Rinnen, Kannelierungen vergleichbar, von seinem Scheitel aus, jeder Felsbuckel ist tief durchfurcht, und wie auch die Schichtstellung sein möge, die Karren laufen senkrecht hinab. Wie die Karrenbildung vor sich geht, sieht man gut nach Regengüssen; dann läuft das Wasser in den Karren ab, während die dazwischen befindlichen Grate trocken bleiben." Das steinerne Meer hat geradezu seinen Namen von den Karren und Schratten, welche seine Oberfläche überall durchziehen und derselben das Aussehen eines wellengepeitschen steinernen Ozeans geben. (Fig. 40.) Da die

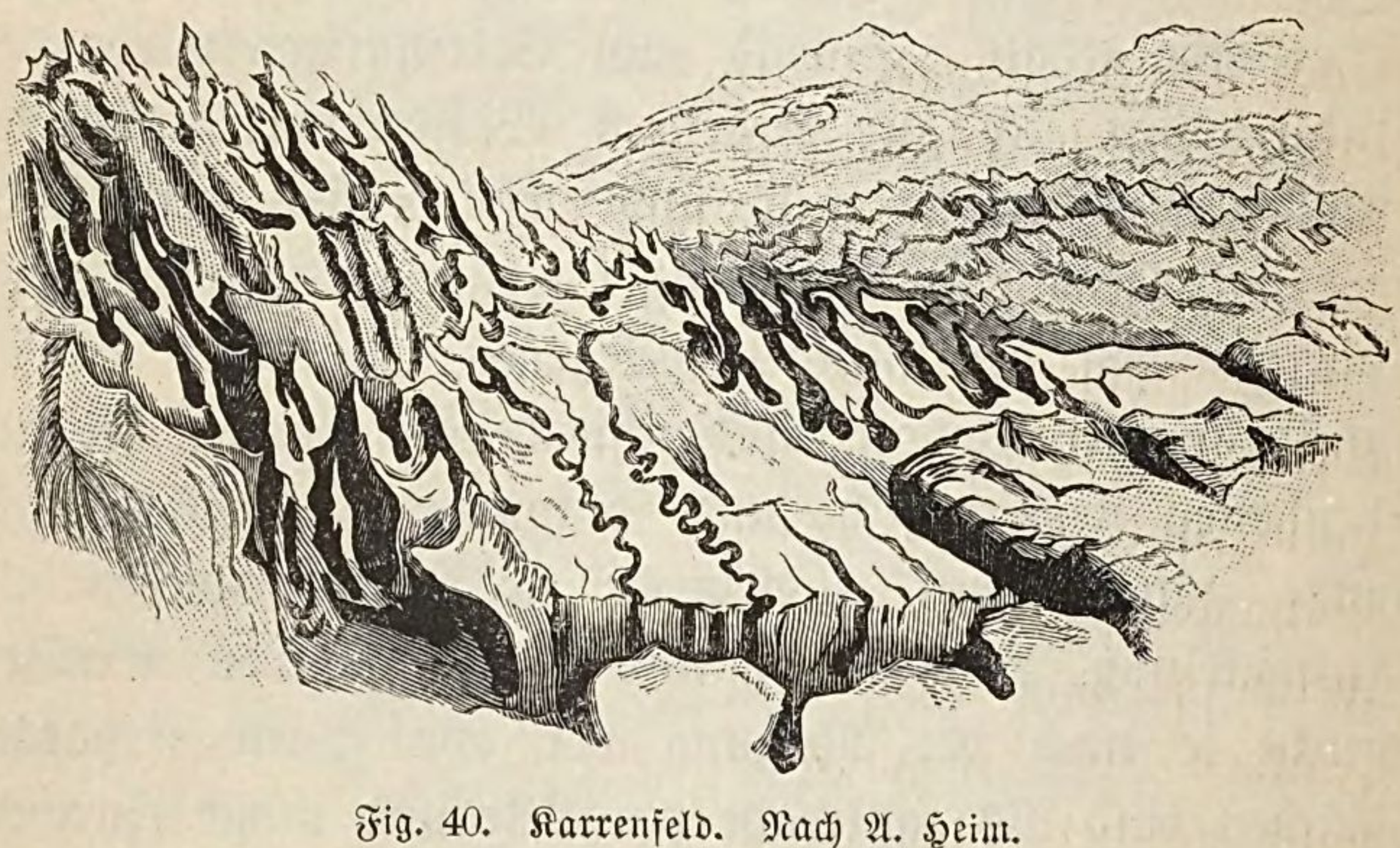


Fig. 40. Karrenfeld. Nach A. Heim.

Karrenfelder besonders da, wo Schnee lange liegen bleibt und durch sein Abschmelzen seine Unterlage naß erhält,

gern entstehen, so sind dieselben in unseren Breiten nur auf das Hochgebirge beschränkte Gebilde. In hervorragendem Maße hat der Dachsteinkalk, eine Felsart, die wir noch näher kennen lernen werden, die Tendenz zu dieser Art von Verwitterung.

Man kennt gewisse Kalkgesteine, welche mehr oder weniger kohlensauere Magnesia enthalten und dolomitische Kalke, oder auch kurzweg nur Dolomite genannt werden. Da die kohlensauere Magnesia viel schwieriger im Wasser löslich ist, als der kohlensauere Kalk, bleibt, wenn die Verwitterung hier vor sich geht, die erstgenannte Substanz im Gestein zurück, während der Kalk nach und nach fortgeführt wird. Infolge dessen wird die Felsart scheinbar reicher an ersterem Stoffe, dieselbe wird dolomitisiert, und es kann diese Veränderung schließlich soweit gehen, daß nur die reine kohlensauere Magnesia im Gestein übrig bleibt. Dabei lockert sich meistens das Gesteinsgefüge, der Fels zerfällt zu einem beweglichen, sandartigen, fast nur noch aus der soeben erwähnten Verbindung bestehenden Gebilde, das als dolomitische Asche bezeichnet wird.

Aus den soeben geschilderten Dingen haben wir an einigen Beispielen ersehen, von welchem Umfang die umwandelnde und lösende Thätigkeit des Wassers im Felsgerüst unserer Erde ist, und welche gewaltige Kraft dieses Agens hierbei entfaltet, welche große Arbeit hierbei geleistet wird. Es erübrigt uns nun, festzustellen, wo denn die so gelösten Stoffe bleiben, und was alles das Wasser damit anfängt. Viele dieser Substanzen kann das feuchte Element nicht lange in Lösung halten. Sei es, daß dasselbe in Höhlungen oder an der Erdoberfläche mit der atmosphärischen

Luft in Berührung kommt, sei es, daß es auf seinem unterirdischen Wege auf andere Gewässer trifft, welche mit Kohlensäure oder mit anderen Lösungen beladen auf dasselbe einwirken, kurzum das Wasser hat das Bestreben, die gelösten Stoffe wieder anderswo abzusetzen. Die Achatmandeln der Melaphyre, welche wir bereits kennen gelernt haben, sind von Kieselsäure ausgefüllte Hohlräume im genannten Gesteine, welche dessen Bestandteilen wohl in nächster Nähe der Mandeln entzogen worden ist, die Zeolithe genannten Mineralien, so der Natrolith, Skolezit, Analcim u. s. f., ihrer herrlichen Krystalle wegen höchst interessante, feldspatähnliche Kieselsäureverbindungen der massigen, besonders der vulkanischen Gesteine, sind vom Wasser in diesen letzteren gelöste und wieder in deren Spalten und Klüften abgesetzte, also gewissermaßen re=generierte, neugebildete Substanz von Feldspaten oder von verwandten Stoffen, und da die Natron= und Kalk=feldspate sehr viel leichter verwittern, als der Orthoklas oder Kalifeldspat, so sind auch die von den ersteren zu=sammengesetzten Felsarten sehr viel reicher an Zeolithen, als die Orthoklasgesteine. Die prächtigen Tropfstein=bildungen, welche wir in den Höhlen der fränkischen Schweiz und des Harzes, der schwäbischen Alb, des Karstes und überhaupt an so vielen Stellen der Erde bewundern, sind Absätze des mit kohlensauerem Kalke geschwängerten Wassers, das bei Berührung mit dem Sauerstoff der in diesen Räumen vorhandenen Luft diese erstere Substanz abgiebt und die Stalaktiten und Stalagmiten benannten Gebilde entstehen läßt, Stalaktiten, wenn diese Absätze von der Wölbung der Höhle herabhängen, Stalagmiten,

wenn dieselben sich vom Boden des unterirdischen Raumes aus erheben. Und die hellschimmernden Quarzkrystalle von zuweilen riesigen Dimensionen, die in den Krystallkellern der Alpen wachsen, was sind sie denn anders, als dem Nebengestein entnommene und wieder niedergeschlagene Kieselsäure, sicherlich das Produkt jahrtausendelanger Arbeit des Sickerwassers!

Die Glimmer, Hornblenden und Augite zahlreicher Felsarten enthalten, wie Sandberger dargethan hat, kleine Mengen von Kupfer, Blei, Kobalt, Nickel, Wismuth, Arsen und Silber, und zwar in der Form von kieselsaueren Verbindungen, von Silikaten, die meist in Wasser, wenn auch in unmerklicher Quantität löslich sind. Durch einen allerdings etwas verwickelten Vorgang werden diese dem Gestein entzogenen Metalle in dessen Spalten und Klüften wieder abgesetzt, um Erzgänge zu bilden, wobei allerdings betont werden muß, daß nicht alle Erzgänge auf solche Weise entstanden sein können. Wir kommen in einem späteren Kapitel, im zweiten Bande dieses Buches darauf zurück.

Elftes Kapitel.

Etwas von den Quellen und den Salsen.

Die Quellen und ihr Wurzelsystem. Wasserdurchlässige und wasserundurchlässige Schichten. Periodische Quellen. Grundwasser. O. Volgers Theorie hierüber. Thermen und deren Temperatur. Absätze der Thermen. Der Karlsbader Sprudel. Travertin. Die Sinterterrassen der Tetarata auf Neuseeland. Geysire. Ein Ausbruch des großen Geysir auf Island. Die Geysire Neuseelands und des Yellowstone-Gebiets. Salsen und Schlammvulkane. Die Maccalubi bei Girgenti.

An geeigneten Stellen tritt das in die Tiefe der Erde eingedrungene Wasser als Quelle wieder zu Tage, und die im Erdinnern verborgenen, mannigfach und zuweilen auch sehr weit verzweigten Wasseradern, welche eine Quelle speisen, bezeichnet man kurzweg als deren Wurzelsystem. Auf diese einfache Weise erklärt sich die Entstehung der Quellen, welche daher mit nur wenigen und durch ganz besondere Umstände veranlaßten Ausnahmen ihren Ursprung aus demjenigen Teil der atmosphärischen Niederschläge nehmen, welche den Boden durchdringen. Die Richtigkeit dieser Ansicht erhellt vor allem daraus, daß

die Beständigkeit oder der periodische Wechsel der Quellen, ihre Reichhaltigkeit und Verteilung in einer Gegend, sowie ihre Beschaffenheit und noch andere Verhältnisse mehr mit der Menge der Niederschläge und der Gestaltung und dem Aufbau des Bodens in ganz entschiedenem Zusammenhange stehen. Wenn auch alle Gesteine unserer Erde mehr oder weniger Wasser aufnehmen, so können doch nicht sämtliche auf deren Oberfläche niederfallende atmosphärische Niederschläge in die feinen Haarspalten und Risse der Felsen eindringen. Es giebt Gesteine, die größere Mengen Wasser sofort aufsaugen, die wasserdurchlässigen, so Sande und Grande, und wiederum solche, welche denselben Widerstand entgegensetzen und nur ganz allmählich davon durchweicht werden, die wasserundurchlässigen, so z. B. die thonigen Felsarten. Ist nun eine solche wasserdichte Gesteinsschicht nach einer Seite hin geneigt, so muß sich das auf derselben angesammelte Sickerwasser nach jener Seite hinziehen und wird dort als Quelle hervortreten, welche umso reichlicher und nachhaltiger fließen wird, je größer ihr Wurzelsystem ist, d. h. je bedeutenderen Umfang ihr Sammelrevier hat, so daß nicht nur genug Wasser in dessen Oberfläche eindringt, sondern auch zum Teil an so entfernten Punkten, daß, wenn die näher gelegenen Wasseradern vertrocknen, der Weg, den das Wasser der entfernteren Wasserkanäle bis zu seinem Austritt als Quelle zurückzulegen hat, mindestens so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die regenlosen Zeitabschnitte der betreffenden Gegenden andauern. Ist dagegen der Umfang des Wurzelsystems ein nur beschränkter, wechseln auf dessen Oberfläche trockene und nasse Jahres-

zeiten, Zufrieren und Auftauen des Bodens oder der Schnee- und Eisdecke periodisch, d. h. zeitweise miteinander ab, so müssen die Quellen bald stärker fließen, bald auch zuweilen ganz versiegen, und heißen dann periodische. In höheren Gebirgsregionen, so in den Hochalpen, fließen viele Quellen, die nur von geschmolzenem Schnee und Eis genährt werden, bloß im Frühjahr oder Sommer, andere, die in der Nähe von Gletschern herkommen, nur bei Tage, noch andere wiederum nur bei Nacht. Alle Quellen aber, welche durch geneigte wasserdichte Schichten zu Tage gewiesen werden, befinden sich an Hügel- und Gebirgszügen, deren Felslager gleichförmig geneigt sind, stets an dem Abhange, dem die Gesteinsschichten oder Lager sich zuneigen, eine Beobachtung, die man häufig machen kann.

In den losen Gesteinen, in den Sanden, Kiesen, Schottern und Geröllen findet man auch allenthalben Wasser, welches die von den genannten Felsarten freigelassenen Hohlräume erfüllt und Grundwasser genannt wird. Die Menge desselben wird im allgemeinen um so größer sein, je undurchlässiger die Gesteine sind, worauf diese losen Gebilde ruhen. Früher galt die Ansicht, das Grundwasser sei von Anbeginn der Welt an an diesen Orten gewesen, man weiß aber heutzutage bestimmt, daß auch dieser Teil des feuchten Elementes nur von den durch die lockeren Felsarten aufgesogenen atmosphärischen Niederschlägen herrührt. Ein von uns schon mehrfach genannter Forscher, Otto Volger, ist nicht dieser Ansicht. Seiner Meinung nach dringt überhaupt nur ein geringer Teil der atmosphärischen Niederschläge in

Wasserform in den Erdboden ein, dagegen wäre alles Grund- und alles Quellwasser nur verdichtetes Wassergas, das sich in der von ersterem aufgesaugten Luft befunden habe. Die Volger'sche Anschauung ist gründlich widerlegt worden, unter anderem von dem leider zu früh verstorbenen Prager Professor Isidor Soyka, der nachgewiesen hat, daß die Schwankungen des Grundwasserspiegels ganz und gar abhängig sind von der Regenmenge und der Regenhäufigkeit der betreffenden Gegend. Das Grundwasser verharrt nicht im Ruhezustand im Boden, es ist in ständiger Bewegung, der Grundwasserströmung, und der Verlauf seines Spiegels ist mehr oder weniger bedingt durch die Reliefformen der Oberfläche. Unter welligem Terrain wird der Grundwasserspiegel daher auch wellig entwickelt sein müssen.

Die Quellwasser haben eine sehr verschiedene Temperatur, die teils abhängig sein kann von derjenigen der Niederschläge selbst, teils von derjenigen des Bodens, also auch von der Tiefe, aus welcher die Gewässer stammen, teils von der Nähe vulkanischer Herde. Tritt die Quelle mit merklich höherer Temperatur, als die mittlere Jahrestemperatur der Gegend ist, aus dem Boden aus, so nennt man sie eine Therme. Solcher Thermen giebt es auf Erden gar viele, teilweise solche von hoher Wärme. Die beifolgende Tabelle mag einen Überblick über die Temperatur der wichtigsten und interessantesten Thermen geben:

Aguas de las Trincheras in Südamerika	97 ° Celsius
Aguas de Comangillas in Mexiko . . .	96 „
Katharinenquelle im Kaukasus	88,70 „
Burtscheid	77,50 „

Karlsbad	75 ° Celsius
Wiesbaden	70 „
Baden-Baden	67,50 „
Ofen	64 „
Mehadia in Ungarn	64 „
Aachen	57,50 „
Ems	56,25 „
Leukerbad in Wallis	50,20 „
Teplitz	49,40 „
Gastein	48,10 „

Manche Thermen weisen keinerlei ungewöhnliche Zusammensetzung auf. Es sind dies die sogenannten indifferenten Thermen, manche andere aber führen wiederum eine Reihe von Stoffen in gelöster Form mit sich, welche deren Heilwert für besondere Fälle noch sehr erhöhen, so die Schwefelthermen (Aachen, Leukerbad u. s. f.). Nach Hochstetter nimmt die vom Karlsbader Sprudel abgesetzte gewölbeartige Decke, welche sich im Laufe der Zeiten über den ursprünglichen Ausflußöffnungen gebildet hat, die sogenannte Sprudelschale, zu ihrem allergrößten Teile aus kohlensauerem Kalk bestehend, eine Oberfläche von mehr denn 200 Wiener Quadratklafter ein. Gestützt auf von Göttl gemachte Versuche berechnete derselbe Gelehrte, daß die Menge des vom Sprudel täglich abgesetzten Sintermaterials an 2880 Pfund, im Jahre etwas über eine Million Pfund betrage. Der Sinter des Karlsbader Sprudels wird vielfach als Erbsenstein niedergeschlagen, eine oolithische Gesteinsbildung, von welcher wir schon in einem früheren Kapitel näher berichtet haben.

Eine große Anzahl von Quellen, nicht nur die

Thermen, scheiden die in ihren Gewässern in Lösung befindlichen Stoffe wieder ab, und zwar zuweilen in großem Maßstabe. Der von den Römern mit Vorliebe zu ihren Bauten verwandte lapis tiburtinus, der Travertin, ist z. B. durchaus nichts anderes, als von Quellwässern abgesetzter kohlensauerer Kalk, und die weltberühmten, in Terrassenform entwickelten kieseligen Sinterbildungen am Rotomahanasee auf Neuseeland, die Hochstetter, der Geologe, welcher die österreichische Fregatte Novara auf deren bekannten Weltumsegelung begleitete, bei dieser Gelegenheit entdeckte und beschrieb, gehören auch hierher. Dieses Wunder der Erde, die Tetarata ist nicht mehr. Am 10. Juni 1886 hat ein gewaltiger Ausbruch des Tarawera, eines in der nächsten Umgebung belegenen Vulkans, eine der großartigsten vulkanischen Katastrophen, deren Zeuge und Opfer das Menschengeschlecht war, die Sinterterrasse des Rotomahana zerstört. „Wenngleich," so sagt Gerhard vom Rath in einem Bericht über diese Eruption, „das Wort Tarawera in der Maorisprache „glühende Felsen" bedeutet, so ahnte doch niemand unter den Bewohnern des Seendistrikts, daß hier ein Vulkan sich öffnen würde. Weder Bericht noch Tradition melden ein ähnliches Ereignis in dieser Gegend. Man hielt allgemein die Geysire und Solfataren für Symptome der erlöschenden vulkanischen Kraft, wohl auch für Sicherheitsventile, bis die verhängnisvolle Katastrophe, welche einen ganzen Maoristamm bis auf wenige, zufällig abwesende Individuen vernichtete und die größte Naturmerkwürdigkeit Neuseelands, die Kieselterrassen zerstörte, unsere Unkenntnis der Ursache vulkanischer Vorgänge in schrecklicher Weise ans Licht brachte."

Wir haben soeben im Berichte Gerhards vom Rath den Ausdruck „Geysir“ gebraucht. Unter demselben werden periodische warme Springquellen verstanden, zweifellos die interessantesten aller Thermen überhaupt. Der Name stammt von einer derartigen Quelle auf Island und ist auf alle ähnlichen Erscheinungen der Erde übertragen worden. Derselbe bedeutet soviel als „Sprudler“. Betrachten wir uns den großen Geysir auf der genannten nordischen Insel etwas genauer. Diese Therme liegt am Fuße des Barnafjell und hat sich selbst durch allmählichen Absatz der in ihrem Wasser aufgelösten Kieselerde um ihre Ausmündungsstelle herum einen flachen Kegel von Kieselsinter aufgebaut, der etwa um 10 Meter die Thalfläche überragt und an 70 Meter Durchmesser besitzt. In seinen Gipfel ist ein fast kreisrundes kesselartiges Becken eingesenkt, das etwa 2 bis $2^1/_2$ Meter tief ist und gegen 18 Meter im Durchmesser mißt. Der in den Grund des Beckens mündende Kanal ist oben 3 Meter weit, verengt sich nach unten zu und mag gegen 21 Meter Tiefe besitzen. Die Kanalwände sind mit Kieselsinter bekleidet und erscheinen infolge der beständigen Reibung des Wassers so glatt, als ob sie poliert wären. Gewöhnlich ist das Becken angefüllt mit krystallhellem, bläulichgrünem Wasser, das an der Oberfläche eine Temperatur von 76 – 89° C. aufweist, in der Tiefe von 21 Meter vor den Wasser- und Dampfausbrüchen eine solche von 127° C., nach denselben von 122° C. Von Zeit zu Zeit, gewöhnlich nach einer Pause von 24 — 30 Stunden, erfolgt eine äußerst heftige, großartige Wassereruption, welcher mehrere kleinere Ausbrüche vorausgehen. Starke

unterirdische Gewittertöne verkündigen den ersten derselben; bis zum Rande des Beckens schwillt das Wasser an, kommt in Aufwallung, und dann steigt plötzlich eine mächtige, wie Silber glänzende Wassersäule aus der Mitte des kochenden Bassins auf bis zu 5—6 Meter Höhe, um dann sogleich wieder in sich zusammenzusinken. In regelmäßigen Perioden, etwa alle zwei Stunden, erfolgt eine solche Eruption, bis schließlich ein größerer Ausbruch eintritt. Einen solchen wollen wir hier schildern und zu diesem Zweck einem bekannten deutschen Schriftsteller, dem Dr. Max Nordau, dem Verfasser des schönen Reisewerks „Vom Kreml zur Alhambra", dem wir die nun folgende Beschreibung entnehmen, das Wort erteilen. Er schreibt:

„Die Flut im Geysirbecken war heftig und bewegt und wallte in breiten Ringwellen gegen den Rand desselben; von der Röhre her tönte ein schauerliches, halberstic̈ktes Brüllen, wie von einem vorsintflutlichen Untier, das eine eiserne Hand würgt; plötzlich regte sich etwas in der Mitte des Bassins; aus dem Wasserspiegel erhob sich langsam eine dunkle, riesige Masse, gestaltlos wogend und zerfließend und doch heftig bewegt, wie von inneren Zuckungen geschüttelt, und sank dann wieder ohnmächtig zurück; ein zweites Mal erhob sich das formlose Ungeheuer, diesmal einem jener fabelhaften Polypen gleichend, die manchmal über der Meeresoberfläche zum Schrecken der Schiffer erscheinen sollen, tauchte aber wieder in den dampfenden Abgrund nieder. Allein rasch fuhr es aufs neue empor und diesmal schoß es unter Donnern und Erdbeben haushoch in die Luft. Es war der steigende

Wasserstrahl des Geysir. Wasserstrahl? Ein lächerlicher, schwacher, nichtssagender Ausdruck angesichts dieser Erscheinung; eine riesige Säule, ein Berg, ein Klafter und mehr im Durchmesser haltend, wurde aus dem Höllenschlunde herausgehoben; die Masse stieg mit einem Ruck etwa 30 Fuß hoch, eine ungeheure Dampfwolke entwickelte sich aus ihr, dann sank sie um einige Fuß zurück, ein neuer Ruck, und aus der ersten Säule schien eine zweite herauszufahren, um 30 Fuß weiter in die Höhe dringend und neue Dampfmassen ausstoßend, wieder ein momentanes Zurücksinken, und ein neuer Schwall brach hervor, dessen Haupt aus einer schwindligen Höhe, vielleicht von hundert Fuß und mehr, auf uns niederglänzte. In dieser Form blieb die überwältigende Erscheinung nun eine Weile; das in Schaum zerstiebende Haupt des Wasserberges bäumte sich bald etwas in die Höhe, bald sank es ein wenig zurück, manchmal fiel die Masse bis zur Hälfte zusammen, aber nur, um gleich wieder mit fürchterlicher Gewalt in die Höhe gejagt zu werden; dazu wütete das Getöse in der Tiefe: die Erde bebte heftig, und in der Röhre schienen Dämonen sich Kämpfe auf Leben und Tod zu liefern. Es blies während dieser Zeit ein ziemlich kräftiger Wind, allein er vermochte den starren, pfeilfluggeraden Wasserpfeiler nicht im geringsten zu erschüttern und war gerade nur stark genug, um die Dampfmassen zu verjagen, die hinter dem Springquell eine weiße Wand bildeten, von der sich seine dunkle, wie aus geschmolzenem Metall bestehende Masse um so schärfer und wirkungsvoller abhob.

Eine Viertelstunde lang währte das unvergleichliche

Schauspiel mit unverminderter Gewalt; dann begann die Säule sich wieder ruckweise zu verkürzen, wie sie sich ruckweise aus dem Becken herausgehoben hatte; ich kann diesen merkwürdigen Vorgang mit nichts anderem vergleichen, als mit dem Auseinanderziehen und Zusammenstoßen eines aus drei oder vier ineinander geschobenen Röhren bestehenden ungeheuren Teleskops. Eine Minute später, und der Wasserkoloß war verschwunden und mit ihm auch das Wasser, das bis dahin das Bassin gefüllt hatte; der unterirdische Donner verstummte, der Boden stand wieder fest, und das Becken lag leer vor uns, so daß wir in der Mitte die gähnende Mündung der Röhre sehen konnten. Wir näherten uns vorsichtig dem Rande derselben und konnten in der mit undurchdringlicher Finsternis erfüllten Tiefe das Wallen und Gurgeln der abfließenden Gewässer hören. — Wir kehrten schweigend, voll der erhaltenen Eindrücke, aber unfähig, ihnen gleich Worte zu leihen, in unser Zelt zurück und lagen noch lange aufgeregt auf unserer Decke, ehe der Schlaf unsere Nerven beruhigte."

Island beherbergt noch mehrere Geysire, so nahe am großen Geysir den nicht minder bekannten Strokkur, zu deutsch „das Butterfaß", von wegen der butterfaßähnlichen Form der Quellenausmündung, die kein Bassin hat, sondern einem gemauerten Brunnen nicht unähnlich sieht. Bis gegen die Mitte des laufenden Jahrhunderts glaubte man, derartige Thermen nur hier zu besitzen; seitdem sind aber die schon erwähnten Geysire Neuseelands und die nicht minder wunderbaren ähnlichen Springquellen im Yellowstone-Gebiet im Staate Wyoming

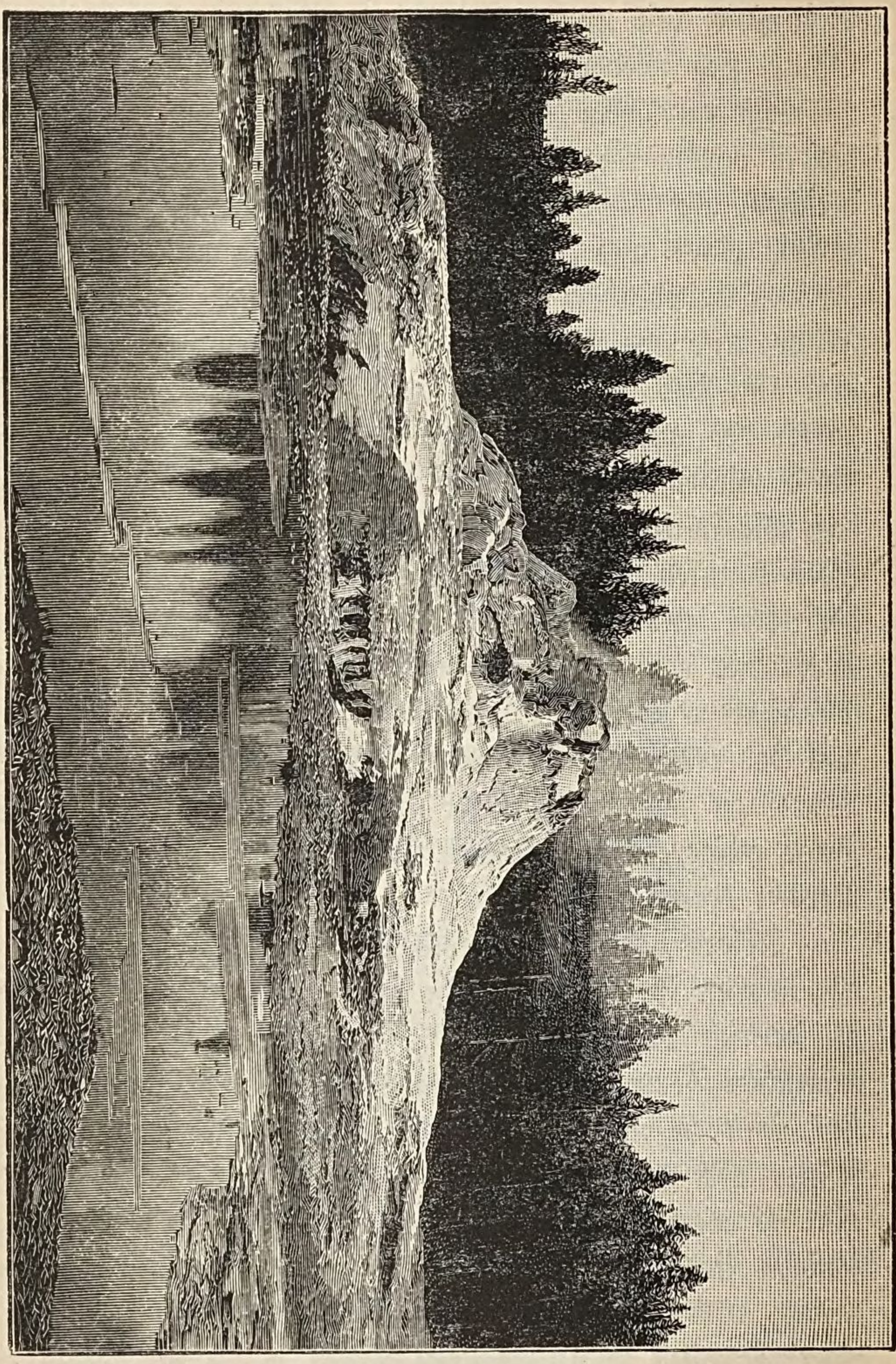


Fig. 41. Der Sinterkegel des Caſtle-Geyſir. Nach einer Photographie.

in Nordamerika bekannt geworden. Hier, im bekannten National-Park, entströmen nicht weniger denn gegen 3000 heiße Quellen dem vulkanischen Boden, darunter zahlreiche Geysire, deren größte ihre besonderen Namen erhalten haben, wie der alle 50—70 Minuten thätige Old Faithful (der alte Getreue), die Gianteß (die Riesin), der Castle-Geysir (der Turmgeysir), der Grottengeysir, und noch viele andere mehr. Die heißen Springquellen des National-Park sind vielfach von Sinterkegeln umgeben, welche sie sich aufgebaut haben. (Fig. 41 u. 42.) Es liegt auf der Hand, daß geysirartige Springquellen nur auf vulkanischem Untergrunde entstehen können, deshalb auch an vulkanische Gebiete gebunden sind.

Eine besondere Abart der Thermen stellen die mit schwefeliger Säure und mit Schwefelwasserstoff gesättigten heißen Schlammquellen dar, die auf Island und Neuseeland, auch im Yellowstone-Gebiet und noch an anderen Orten vorkommen, und damit stehen wiederum die Salsen oder Schlammvulkane in Verbindung, meist hügelartige Gebilde, einem kleinen Vulkan nicht unähnlich, welche von Kohlensäure und von Kohlenwasserstoffen durchzogene Schlammmassen auswerfen, durch die ebengenannten Substanzen zersetzten Detritus der Nebengesteine.

Zu den allerbekanntesten derartigen Phänomenen gehört der Schlammvulkan Maccalubi bei Girgenti auf Sizilien, ein aus Thonen und Kalken bestehender, etwa 45 Meter hoher Hügel, den mehrere Kegel von $^1/_2$—1 Meter Höhe besetzen, welche Schlamm auswerfen, der ein verbranntes Aussehen hat und übel riecht. Schon den Alten ist der ebengenannte sizilianische Schlammvulkan bekannt gewesen,

Fig. 42. Der Caſtle-Geyſir in Eruption. Nach einer Photographie.

nicht minder derjenige von Sassuolo bei Modena, dessen heftiger Ausbrüche bereits Plinius Erwähnung gethan hat, und der in den Jahren 1660, 1789 und 1835 besonders starke Eruptionen erlitt. Der Boden bildete große Spalten, in denen eine höhere Temperatur herrschte, und die Salse soll an 10 Millionen Kubikmeter Schlamm und Steine ausgeworfen haben. Überhaupt hat eine Salsen-Eruption sehr viel Ähnlichkeit mit einem vulkanischen Paroxysmus. „Unterirdische Donner und erdbebenartige Erschütterungen verkünden das Eintreten eines heftigen Ausbruchs; Feuerflammen steigen hoch auf, und endlich erfolgen Explosionen, durch welche Schlamm, Steine und Felsblöcke 30—50 Meter hoch aufwärts geschleudert werden. Die Thonschlammströme führen oft aufgelöstes Kochsalz und Naphta in beträchtlicher Menge mit sich“ (Peschel). Über den Zusammenhang der Salsen mit dem Vorkommen dieser ebengenannten Mineralien werden wir in einem der Kapitel des folgenden Bandes eingehender berichten.

Zwölftes Kapitel.

Fluß- und Meerwasser und deren Absätze: die sedimentären Gesteine.

Allgemeines. Erosion. Cannons. Die mechanisch-geologische Arbeit der Niagarafälle. Das Geschiebe und Gerölle. Sandbänke und Deltas. Die nagende Kraft der Meereswellen. Die Kontinentalzone des Meeresgrundes. Die dem Meere in chemischer Lösung zugeführten Substanzen. Die Ausscheidung des kohlensaueren Kalkes aus dem Meerwasser. Die Sedimentärgesteine. Die Fossilien. Die Entwickelungslehre. Allgemeine Einteilung der Sedimentärgebilde, die Bestimmung von deren relativem Alter und ihre Lagerungsformen.

Aus der Quelle wird ein Bächlein, andere Bäche kommen hinzu, es bildet sich ein Fluß, der wiederum andere Wasserläufe in sich aufnimmt, ein Strom entsteht, welcher schließlich im Weltmeer vergeht. Hast du einmal den Rhein bei Köln gesehen, oder noch weiter im Nordwesten, im flachen Holland, mein lieber Leser, oder die blaue Donau, wenn sie ihre Wogen am schönen Wien vorbeiwälzt? Diese gewaltigen Ströme haben, wie alle ihresgleichen, einen gar bescheidenen Anfang. Über den Rhein kannst du an seinen Quellen im Graubündtner Lande

hinüberspringen, und wenn du dir das Wässerlein betrachtest, das dem Schloßbrunnen zu Donaueschingen im badischen Schwarzwald entquillt, magst du dir nur schwer vorstellen, daß du am Ursprung des mächtigen Stromes stehst, der „hinten weit in der Türkei“ ins schwarze Meer fällt. Und dennoch ist es so! Welche Arbeit leistet ein jedes Tröpfchen eines solchen Wasserlaufes von dem Augenblick an, da es in der Quelle aus dem Erdboden tritt, bis zu demjenigen, da es im Ozean zu kurzer Ruhe kommt! Eine ganz gewaltige! Denn nicht minder groß als seine chemische Kraft ist dessen mechanische Energie. Damit schneidet es tiefe Thäler im Felsgerüst unserer Erde ein und füllt die so geschaffenen Unebenheiten im Relief des Planeten wieder aus, hier zerstört es, um dort wieder aufzubauen; unermüdlich, seitdem der erste Regentropfen auf den Erdboden niederfiel, und der erste Wasserlauf entstand, entfalten sie ihre nivellierende und ausgleichende Thätigkeit. Allerlei Material führen die Flüsse mit sich, das sie teils schon in losem Zustande auf ihrem Wege vorgefunden, teils im Laufe der Zeit vom Felsboden, über welchen sie dahinströmen, losgebrochen haben. Dadurch werden sie selbstverständlicherweise ihre Betten immer mehr vertiefen, erweitern und vergrößern, mit einem Worte, eine erhöhte zerstörende und abtragende Wirkung ausüben, welche man in der Wissenschaft als Erosion bezeichnet.

Die erodierende Gewalt des Wassers schafft im Laufe der Äonen tief in die Gebirge oder in die Ebenen der Erde eingesägte und eingefurchte Thäler. Wie lange Zeit mag wohl die Elbe dazu gebraucht haben, um sich aus dem Sandsteingebirge, das sie in Sachsen und teil-

weise auch noch im böhmischen Lande durchläuft, ihr Bett auszufeilen und die herrlichen Felsgestaltungen zu schaffen, die wir in der sächsischen Schweiz bewundern können? Und welche ungeheuere Arbeit mußten der Colorado und noch andere Flüsse Nordamerikas zuvor vollbringen, ehe es ihnen gelungen ist, sich in die zuweilen 1000, ja bis 1800 Meter tiefen, schluchtenartigen Thäler hineinzuwühlen, welche die Tafelländer Arizonas und anderer benachbarter Staaten der Union durchziehen und die gemeiniglich unter den Namen Cannons bekannt sind? (Fig. 43.) Jahrtausende und vielleicht Jahrhunderttausende! Wie erbärmlich und klein muß sich der Mensch doch vorkommen beim Anschauen derartiger Meisterwerke der Natur, er, die Krone der Schöpfung, wie er sich zu nennen beliebt, der da glaubt, ganz wunderbare und riesige Thaten fertig gebracht zu haben, wenn es ihm unter Anwendung aller Hilfsmittel, die sein Scharfsinn ausdenken konnte, möglich war, eine nur wenig tiefe und dazu noch im lockeren Boden eingeschnittene kurze künstliche Wasserstraße, wie diejenige von Suez oder den Nord-Ostsee-Kanal zu schaffen! Was ist dergleichen gegen die Leistungen der Elbe oder des Colorado?

Der Ontariosee wird bekanntlich durch den Niagarastrom mit dem Eriesee verbunden, der nördlicher und an 100 Meter höher liegt, als der erstere. Der Niagara fließt zwischen beiden Wasserbecken auf einer aus fast horizontal gelagerten Gesteinsschichten gebildeten Hochebene hin, bis derselbe zu seinen weltberühmten Fällen gelangt, unterhalb welchen er sich eine enge cannonartige, von fast senkrechten Wänden begrenzte Schlucht ausgewaschen hat,

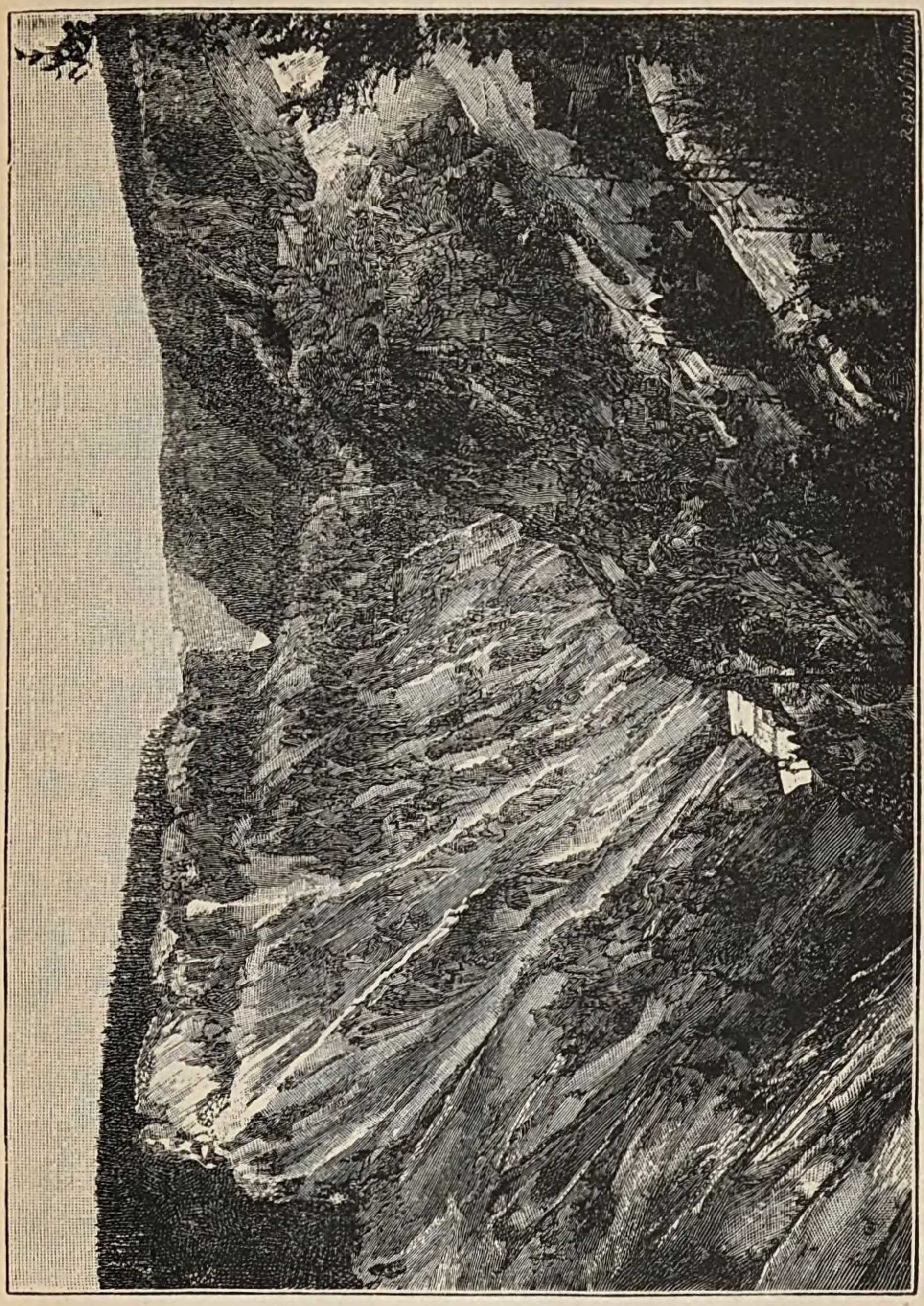


Fig. 43. Cannon des Yellowstone-Flusses. Nach einer Photographie.

die eine Länge von 9,7 Kilometer besitzt. 52 Meter hoch fällt das Wasser des Niagara herab, in 3 Fällen, deren bedeutendster, der sogenannte Hufeisenfall, 570 Meter breit ist. Das zu oberst liegende Gestein ist ein harter Kalkstein, der sogenannte Niagarakalk, etwa 25 Meter mächtig, und dieser liegt wieder auf einer leichter zerstörbaren, thonigen Felsart, welche das Wasser des Katarakts derartig auswäscht, daß der darüber liegende Niagarakalk seiner Unterlage beraubt wird und schließlich abbricht, um in die Tiefe zu stürzen. Der Fall schreitet auf diese Weise, freilich nur sehr langsam, nach rückwärts fort. Nach Bakewell betrug das Zurückweichen des Niagarafalles in den Jahren 1790—1870 etwa 0,9 Meter jährlich. Lyell, der große englische Geologe, berechnete im Jahre 1840 den Wert des jährlichen Rückganges auf 0,3 Meter, und neuerdings glaubt man sogar nur 0,1 Meter dafür annehmen zu dürfen. „Die Lyell'sche Date z. B. beziffert den Zeitraum, der nötig war, um den ganzen 11 Kilometer langen Kanal von Queenstown angefangen, auszunagen, auf 36 000 Jahre. Selbst wenn wir annehmen, daß früher ein doppelt oder dreifach so großer Effekt der durch das enge Kanalprofil stürzenden Wassermassen erzielt wurde — aus hier nicht weiter zu erörternden geologischen Ursachen —, so würden wir trotzdem einen Zeitraum erhalten, der vom Standpunkte des kurzlebigen Menschen aus betrachtet, und mit Zeitdaten aus der Geschichte des Menschengeschlechtes verglichen, uns immerhin unbegreifbar groß erscheint." (Posepny.)

Die von den Strömen und Flüssen fortgeschafften Gesteinsmassen bezeichnet man als deren Geschiebe, welches,

wenn mit der progressiven Bewegung sich eine rotierende verbindet, abgerundet wird und Gerölle heißt. Dieselben bestehen aus Kies, aus Sand und aus Schlamm, wozu in den Strombetten der Gebirgsthäler noch Felsblöcke kommen, welche bei starken Anschwellungen oft beträchtlich weit fortgewälzt werden, so jedoch, daß die größeren in der Nähe der Engpässe, aus welchen die Gebirgsströme zumeist heraustreten, liegen bleiben. Da diese Körper bei ihrer Fortbewegung sich untereinander und auf dem Strombett reiben und stoßen, so runden sich dadurch alle schärferen Kanten und Ecken ab, und auch diese größeren Stücke werden dann mehr und mehr einer Zerkleinerung anheimfallen, bis auch sie zuletzt zu Sand und Schlamm umgebildet worden sind.

Die Verkleinerung des Geschiebes steht im Verhältnis zu dessen Entfernung vom Orte seiner Herkunft, wobei natürlich zu bemerken ist, daß der Grad der Festigkeit der Felsarten, also ihre mineralische Beschaffenheit auf die dafür erforderliche Zeit von größtem Einfluß ist. An denjenigen Stellen des Wasserlaufes, woselbst eine starke Strömung vorherrschend ist, wird das gesamte Material in Bewegung gesetzt, da aber, woselbst die Geschwindigkeit des strömenden Wassers sich vermindert, da wird dasselbe das Geschiebe resp. Gerölle wieder ablagern und Sandbänke und Inseln, zuweilen förmliche Stromverstopfungen bilden. Solche Inseln und Sandbänke zeigen eine übereinstimmende Grundform, wenn dieselben in einem beträchtlichen Stromzuge liegen; aufwärts, gegen die Stoßseite des Stromes, sind sie breit zugerundet, und abwärts, auf der Leeseite, spitz gestaltet.

Trübe und meist stark mit Geschiebe beladen strömen manche Flüsse in Seebecken ein, um so ziemlich abgeklärt wieder daraus herauszutreten. Die Gesteinstrümmer, der Sand und der Schlamm, den diese Wasserläufe oberhalb ihrer Einmündung in die Seen mit sich führen, bleiben zum allergrößten Teile in diesen letzteren zurück und verbreiten sich auf deren Grund, denn das fließende Wasser muß bei seinem Zusammentreffen mit dem stehenden eine teilweise Hemmung erleiden, läßt daher das mitgebrachte Geschiebe fallen und wirkt, wenn es vorher in zerstörender Thätigkeit sich befand, hier, wie bei der soeben geschilderten Bildung der Sandbänke, wiederaufbauend, also reproduktiv. Zuweilen aber bleibt das Geschiebe in der Flußmündung selbst liegen, wenn dieselbe breit ist, eine Flußinsel kommt zur Entwickelung, die sich durch immer neue Ablagerungen gegen den See hin vergrößert und den Strom in seiner Mündung in mehrere Arme spaltet und verzweigt. Diese Bildungsform hat den Namen Delta erhalten, weil dieselbe gewöhnlich ein dem gleichbenannten griechischen Buchstaben ähnliches Dreieck bildet, das seine Spitze dem Flusse zukehrt. Die bei Genf in so schöner blauer Farbe aus dem Lemansee austretende Rhone strömt trübe und schmutzig bei Le Bouveret in denselben ein. Portus Valesiae der Römer, das heutige Port Valais, lag vor etwa 2000 Jahren an der Mündung der Rhone in den Lemansee und ist in der Gegenwart schon über eine halbe Stunde von diesem entfernt; der dazwischen gelegene angeschwemmte Landstrich ist also während dieser Zeit entstanden, und das hierzu nötige Gesteinsmaterial haben die Rhone und ihre Nebenflüsse

dem von ihnen durchströmten Gebiete entzogen. Noch weiter rückwärts aber, bis in die Nähe von St. Maurice ist das Rhonethal aus einer fast 4 Stunden langen Ebene gebildet; es ist dies der älteste Teil des Delta, denn der Boden besteht aus Sand und Schlamm, liegt wenig nur über dem Niveau des Flusses und entstand offenbar nur durch Ausfüllung des oberen Teiles des ursprünglichen Seebeckens. Diese ganze Erscheinung erinnert lebhaft an das Nildelta mit dem ihm rückwärts liegenden Thalboden Ägyptens, das wie jene als ein Produkt des werkthätigen Stromes zu betrachten ist. Um ein Beispiel für die Größe des durch Wasserläufe in Seenbecken abgesetzten Geschiebematerials zu geben, sei hier bemerkt, daß die Reuß an ihrer Mündung in den Vierwaldstätter See jährlich etwa 150 000 Kubikmeter, täglich also an 548 Kubikmeter, davon abwirft.

Da, woselbst größere Ströme sich in das Weltmeer ergießen, kann es ebenfalls zur Deltabildung kommen, wenn an den Einmündungsstellen der betreffenden Wasserläufe das zur Ablagerung gelangende Geschiebe durch besondere Umstände, so durch vorgelagerte unterseeische Wälle, sogenannte Barren, vor der zerstörenden Einwirkung der Wellen und der Meeresströmungen geschützt ist. Die ungeheueren Deltas des Nil und des Mississippi sind ja wohl einem jeden meiner Leser so bekannt, daß es nicht nötig sein dürfte, auf diese Dinge noch des weiteren einzugehen.

Wenn auch ein Teil des den Festländern durch das Wasser, sei es auf chemischem, sei es auf mechanischem Wege entzogenen Materials auf den Kontinenten selbst

wieder abgelagert wird, so gelangt doch eine sehr beträchtliche Menge desselben ins Meer. Und dieses selbst arbeitet ja auch unablässig an der Zerstörung des Festlandes, indem es ständig an dessen Rändern, an den Küsten nagt. „Die Umsetzung der lebendigen Kraft der gegen die Küsten anstürmenden Meereswogen in Arbeit ist einer der wichtigsten Faktoren in der Umgestaltung der Erdoberfläche," sagt der berühmte Geograph und Geologe, der Freiherr von Richthofen in Berlin. Der Anprall der Meereswogen gegen die Felsen lockert und zertrümmert auf die Dauer das allerhärteste Gestein.

Das gesamte, aus der mechanischen Zerstörung des Festlandes hervorgegangene Material, das dem Meere zugeführt und hier wieder abgesetzt wird, bildet die Kontinentalzone des Meeresgrundes, welche, soweit wir heute wissen, die Kontinente und die Inseln in einer mittleren Breite von ungefähr 250 Kilometer umzieht, die aber bis auf 600 Kilometer anwachsen kann, wie an der brasilianischen Küste, woselbst die vom Amazonenstrome mitgeführten Substanzen durch die Meeresströmungen weit in den Ozean hinaus getragen werden. Das Gröbere sinkt schneller zu Boden, das Feinere wird naturgemäß länger im Wasser suspendiert bleiben, so daß der gröbere Sand bald niedergeschlagen, zum Teil auch wieder von den Wellen an den Strand zurückgetragen wird, wo er entweder noch mehr der Abreibung und allmählichen Verkleinerung unterliegt und zu dauernder Ablagerung gelangen kann, oder auch in der Gestalt von Dünen dem Einfluß des Meeres entzogen werden wird. Die feineren Teilchen jedoch können erst in größerer Entfernung von

der Küste zum Absatz kommen. Man kann hier eigentlich zwei Unterzonen unterscheiden, nämlich einmal diejenige der vorwiegend sandig, und sodann diejenige der vorwiegend schlammig entwickelten Ablagerungen. Die erstgenannte dieser beiden Unterzonen, welche in Europa meist die Tiefen bis 100 Meter und zuweilen noch etwas darüber hinaus umfaßt, bildet nicht immer ein einheitliches Band am Meeresgrunde, denn dort, woselbst starke Strömungen den Boden fegen, besteht der erstere aus nacktem Gestein. Daraus erhellt, daß den Meeresströmungen ein nicht zu unterschätzender Einfluß auf den Transport und die Umlagerung der Sedimente innerhalb dieser Unterzone zukommt. Beides wird befördert durch die bis 200 Meter Tiefe den Sand erregenden Meereswellen.

Der sandigen Unterzone schließt sich die schlammige, diejenige der terrigenen Ablagerungen an, ein von blauen und grünen, schlammigen und thonigen Materialien bedecktes Areal des Meeresbodens, das 100—550 Kilometer Breite einnehmen und sich noch bei 7000 Meter Tiefe finden kann. „Man darf annehmen," sagt F. von Richthofen, „daß dieser Schlamm aus einer Mengung der fein zerriebenen Bestandteile aller an dem Bau der Kontinente teilnehmenden Gesteine besteht. An der Zusammensetzung des blauen Schlammes beteiligen sich neben thonigen Substanzen, in absteigendem Mengenverhältnis: Quarz, Glimmer, Feldspat und Hornblende. Die Größe der einzelnen Bestandteile, die Korngröße, ist meist geringer als 0,5 Millimeter, erreicht aber in einzelnen Körnern zwei Centimeter. Der grüne Schlamm hat die gleiche Zusammensetzung, erhält jedoch eine besondere Färbung

durch Glaukonitkörner, deren Bildung auf einer Verwandlung des Eisenoxydes in Eisenoxydul mittels organischer Substanzen zu beruhen scheint.“ Wenn dem Meerwasser lateritische Bildungen zugeführt werden, so erhält die schlammige Zone bisweilen eine rote Färbung, wie solches an der Ostküste von Südamerika der Fall ist, woselbst die von Norden herkommende Strömung lateritisches Material verteilen kann. Auch vulkanisches Material nimmt an der Zusammensetzung der Schlammzone teil, so in der Umgebung vulkanischer Inseln, desgleichen schlägt sich in der Nähe von Korallenriffen und Koralleninseln Korallenschlamm nieder, welcher aus amorpher Kalksubstanz, aus Bruchstücken kleinerer und größerer, Kalkschalen oder kalkige Teile absondernder Organismen, wie Korallen, Foraminiferen und so fort besteht, daneben aber auch noch eine geringere Menge Überreste kieselschaliger Tiere und Pflanzen enthält, u. z. etwa 2 bis 3 Prozent im höchsten Falle.

Durch den englischen Gelehrten Mellard Reade ist in neuerer Zeit der Beweis dafür erbracht worden, daß der Betrag der dem Meere in chemischer Lösung zugeführten Stoffe ein ganz beträchtlicher ist. So erreicht die vom Mississippi jährlich in dieser Form in den Meerbusen von Mexiko gebrachte Masse gelöster Substanzen die gewaltige Menge von etwa 150000 Millionen Kilogramm. Davon dürfte etwa die Hälfte aus kohlensauerem Kalk und aus etwas kohlensauerer Magnesia, der sechste Teil ungefähr aus gelöster Kieselsäure bestehen. Die so in Lösung befindlichen Stoffe gehen in das Meerwasser über, aber um eine Ausscheidung derselben herbeizuführen, muß ein

anderer Faktor, das organische Leben in Thätigkeit treten. Wenn wir aus dem soeben angeführten Beispiel des Mississippi sehen konnten, daß der Hauptbestandteil der von den Wasserläufen in den Ozean gebrachten gelösten Substanzen kohlensauerer Kalk ist, so müßte man eigentlich erwarten, daß auch im Meerwasser ähnliche Verhältnisse vorherrschten. Das ist aber nicht der Fall! Wir wissen, daß 1000 Teile Ozeanwasser im Mittel enthalten:

Kochsalz (Chlornatrium)	26,862,	oder in Proz.	78,32.
Chlorkalium	0,582,	„ „ „	1,69.
Chlormagnesium . . .	3,239,	„ „ „	9,44.
Schwefelsauere Magnesia	2,196,	„ „ „	6,40.
Schwefelsauerer Kalk .	1,350,	„ „ „	3,94.
Sonstiges	0,071,	„ „ „	0,21.
	34,300,	oder in Proz.	100,00.

Von der Salzmenge des Meerwassers betragen darnach in Prozenten:

die Chloride	89,45.
die Sulfate	10,34.
Sonstiges, als Karbonate, Kieselsäure u. s. f. .	0,21.
	100,00.

Es erhellt daraus, daß das Kalkkarbonat eine durchaus untergeordnete, verschwindend kleine Rolle im Wasser des Ozeans spielt. Nun zeigt sich aber, daß gerade der kohlensauere Kalk unter den neu am Meeresgrunde sich bildenden Ablagerungen in erster Linie in Betracht kommt, und zwar werden diese kalkigen Sedimente durch die Vermittelung derjenigen pflanzlichen und tierischen Wesen, welche in ihren Hartteilen zum weitaus größeren Teile

Kalkkarbonat ausscheiden, niedergeschlagen. Das sind z. B. gewisse Algen, so die Chlorosporeen und die Florideen, dann von Tieren die Foraminiferen, die Korallen, die Stachelhäuter, die Moostiere oder Bryozoen, ferner die Muscheltiere und noch andere mehr. Es frägt sich nun, ob diese Organismen zur Bildung ihrer aus kohlensauerem Kalk bestehenden Hartteile nur das im Meer vorhandene Kalkkarbonat verwenden, oder ob dieselben zu diesem Zwecke den in beträchtlich größerer Menge im Ozean aufgelösten schwefelsaueren Kalk, also Kalksulfat benützen, indem sie diese Substanz zersetzen. Darüber ist nun vielfach hin und wieder gestritten worden, und von den vielen Forschern, welche dieser wichtigen Frage näher getreten sind, hat noch keiner die befriedigende Lösung finden können. Otto Volger hat in seinem schönen Buche „Erde und Ewigkeit" die Ansicht vertreten, daß die Tiere die schwefelsauere Kalkerde in ihrem Körper in kohlensauere zu verwandeln vermögen, Ochsenius ist der Meinung, die Zersetzung des Gypses könne sich auf einfache Weise unter Mitwirkung des Steinsalzes vollziehen, Steinmann spricht die Überzeugung aus, daß die alkalisch reagierende Eiweißsubstanz fähig sei, aus Lösungen von Kalksalzen, so z. B. aus Kalksulfat und Chlorkalium Kalkkarbonat auszufüllen, und hat dies durch den Versuch nachgewiesen. Und Eiweißsubstanz ist ja in ungeheurer Menge im Ozean vorhanden, der von Milliarden und Milliarden von Organismen bevölkert ist.

Nur an denjenigen Stellen, woselbst dem Meerwasser mehr von seiner Masse durch Verdunstung verloren geht, als neu hinzukommt, woselbst also eine all-

mähliche Sättigung desselben mit den in Lösung befindlichen Stoffen stattfinden muß, so in abgeschlossenen Buchten, deren Zuflüsse mehr und mehr versiegen, kann ein Niederschlag der gelösten Substanzen durch Auskryſtallisieren erfolgen, also ohne Mitwirkung des organischen Lebens. Wir werden dies bei der Besprechung der Steinsalzlager noch näher kennen lernen.

Die auf die soeben geschilderte Weise zum Absatz gelangenden Bildungen, die selbstverständlich ebenfalls durch die gleichen, wenn auch durch die Natur der Dinge etwas modifizierten Umstände in Süßwasserbecken zum Niederschlag kommen, bezeichnet man als sedimentäre. Da die Oberfläche unseres Planeten in einer ständigen Wandlung begriffen ist, deren Effekte dem kurzlebigen Menschen meist kaum oder überhaupt nicht wahrnehmbar sind und sich erst dann recht feststellen lassen, wenn sich dieselben Jahrhunderte und Jahrtausende hindurch summiert haben, da dies von Anfang an so war und fortdauernd so sein wird, so lange noch Glut im Erdinnern brennt, und die Schollen der Erdkruste sich gegeneinander verschieben können, so ist auch die Verteilung von Ozean und von Festland eine im Laufe der Zeiträume wechselnde und schwankende. Wo heute Meer flutet, war einst Festland, und wo heute Festland ist, war einst Meer, wenn auch sowohl die Kontinente, wie auch die ozeanischen Einsenkungen sich im Wechselfalle nicht immer gedeckt haben. Wenn nun das Wasser irgend eines Meeresbeckens nach und nach fortzieht, und aus diesem ein Festland wird, weil die früher vom Ozean eingenommene Scholle sich hebt, oder die daneben liegende einsinkt, so

daß Höhe entsteht, wo vorher Vertiefung war, so gelangen die am Grunde des vormaligen Meeres abgesetzten Sedimente in das Trockene und damit wieder unter die Einwirkung der Atmosphärilien. Die Sickerwasser greifen wieder ein, bilden und wandeln um, zerstören natürlich daneben auch wieder, die sandigen, schlammigen und kalkigen Massen werden durch chemische Prozesse, durch Umkrystallisierung und was dergleichen mehr ist, härter und härter, gar oft sogar zu festen Gesteinen, zu Schiefern, zu Sandsteinen, zu Kalksteinen, zu Konglomeraten, zu Breccien, zu Mergel- und Thonbildungen u. s. f. Und da das Material zu diesen Gebilden ursprünglich am Meeresgrunde schichtweise aufgehäuft worden ist, so zeichnen sich diese Felsarten denn auch durch ihre schichtweise Auf- und Übereinanderlagerung aus. Man nennt dieselben daher, wie wir ja schon wissen, Schicht- oder Sedimentärgesteine. Aber nicht nur durch ihre Schichtung und teilweise auch, wie beispielsweise die Schiefer und die Kalksteine, durch ihre mineralische Zusammensetzung und ihr Gefüge, sondern meist noch durch einen anderweitigen Umstand sind die sedimentären Felsarten von denjenigen, welche der Esse Vulkans entstammen, verschieden. Sie sind nämlich zu ihrem allergrößten Teile fossilien- oder versteinerungsführend.

Die Fossilien — wir wollen uns dieses Ausdruckes bedienen, denn derjenige „Versteinerung“ ist nicht immer richtig und zutreffend — sind die Überreste von Pflanzen und Tieren, welche die Gewässer der Erde oder auch die diese letzteren umgebenden Festländer bevölkerten, als die Gesteinsarten, darin sie vorkommen, zum Absatz gelangt sind.

Da die Weichgebilde der Organismen einer Fossiliation nur schwer zugänglich sind, da diese Teile nach ihrem Absterben am Grunde des Wassers schnell verfaulen müssen, es sei denn, daß besondere günstige Umstände deren Erhaltung bedingten, indem sie rasch mit Sediment bedeckt wurden, und so im später zu Stein erhärteten Schlamm ein Abdruck davon übrig blieb, so liegt auf der Hand, daß meist nur die härteren, für die Fossiliation günstigeren Teile der vorweltlichen Geschöpfe erhalten werden konnten, so Schalen von Muscheln, Schnecken- oder Seeigelgehäuse, Korallenstücke, Knochen u. s. f. Ebenso einleuchtend ist es, daß weitaus die allergrößte Mehrzahl der uns überlieferten Fossilien Überreste von im Wasser lebenden Organismen sind, wenn wir auch eine Reihe solcher kennen, die von Landpflanzen und von Landtieren herstammen müssen, welche zweifellos durch die Flüsse ins Meer geschwemmt, auf dessen Grund gelangten, um hier dem Prozeß der Fossiliation zu unterliegen. Wir können ja heutzutage noch beobachten, welche Mengen pflanzlicher und tierischer Reste von den großen und kleinen Wasserläufen dem Ozean oder den Seenbecken zugeführt werden.

Alsbald, nachdem die Erdkruste genügend abgekühlt war, um einen Ozean zu tragen, hat die Sedimentbildung am Meeresgrunde begonnen, und ununterbrochen dauert dieselbe seit jenen fernen Zeiten an. Die Folge davon ist, daß wir unter den Sedimentärgesteinen solche von sehr verschiedenem Alter haben müssen, solche, die beinahe so alt sind, als die erste feste Erdrinde selbst, und solche, die erst vor ganz kurzer Zeit — in geologischem Sinne gesprochen — abgesetzt wurden. Wenn wir nun die

Fossilien einer derartigen alten Schicht mit denjenigen eines jungen Sediments vergleichen, so finden wir höchst merkwürdige Verhältnisse. Je älter die betreffende sedimentäre Ablagerung ist, um so eigentümlicher, um so befremdender muten uns die darin enthaltenen organischen Überreste an. Manchmal ist es uns überhaupt gänzlich unmöglich, unter der lebenden Fauna und Flora Tiere und Pflanzen zu finden, womit sich die Fossilien einigermaßen vergleichen ließen. Aber je jünger das Schichtgestein ist, welches wir in den Bereich unserer Untersuchung ziehen, umsomehr nähert sich auch der Charakter seiner Fossilien demjenigen der jetzigen Lebewelt. Dabei läßt sich die Thatsache nicht verkennen, daß die älteren Fossilien durchaus auf einer niedereren Stufe der Entwickelung stehen, einen geringeren Grad von Vollkommenheit besitzen, als diejenigen jüngerer Sedimentärgebilde. So fehlen den ältesten fossilienführenden Schichtenreihen unseres Planeten fast alle Überreste von Wirbeltieren, und was wir in den genannten Ablagerungen davon kennen, trägt einen rudimentären Charakter; es sind Formen, deren Wirbelsäule noch nicht recht verknöchert ist, niederentwickelte Fische und Amphibien, sonst nichts! Erst in einer jüngeren Schichtenfolge treffen wir auf die ersten Überreste von Typen mit vollentwickelten Wirbeln, noch später erst auf die ersten Spuren der Säugetiere, die wiederum auf Erden nur erst mit ihren die geringste Vollkommenheit besitzenden Vertretern, mit den aplacentaren Beuteltieren erschienen sind. Und in noch viel späteren Zeiten erst treten die Urtypen der höheren Ordnungen unserer Säugetiere auf dem irdischen Schauplatz auf! Genau dasselbe

können wir bezüglich der Pflanzen feststellen; erst entwickelten sich die niederen Gewächse, die Algen, die Gefäßkryptogamen, dann die Nadelhölzer, nur wenig früher aber, als die placentaren Säugetiere finden wir endlich die ersten Anfänge der Laubbäume auf Erden!

Durch die gesamte organische Welt geht der Drang nach einer allmählichen Vervollkommnung. Das lehren uns die Geologie und die Wissenschaft, welche sich mit den Fossilien als solchen beschäftigt, die Paläontologie, d. i. die Zoologie und die Botanik der Vorwelt. Aus niederstehenden Formen hat sich die heutige Flora und Fauna entwickelt, eine große Anzahl von Zwischenstufen haben die Vorfahren der Pflanzen und Tiere durchlaufen müssen, die sich heutzutage ihres Daseins erfreuen, ehe dieser hohe Grad der Vollendung, den sie besitzen, erreicht worden ist! Diese allmähliche Entwickelung vom Niederen zum Höheren haben schon zu Anfang dieses Jahrhunderts einige Forscher geahnt, darunter hervorragende Männer wie Lamarck und Geoffroy St. Hilaire, eine wissenschaftliche Begründung hat diese Ansicht jedoch zum erstenmale durch einen Gelehrten erhalten, an dessen Namen sich, wie Zacharias sagt, eine der bedeutungsvollsten Umwälzungen auf dem Gebiete der Naturforschung knüpft — eine Umwälzung, die keineswegs bloß die Wissenschaft als solche, sondern die in der Folge auch unsere allgemeine Weltansicht tiefgreifend beeinflußt und umgestaltet hat. Dieser Naturforscher heißt Charles Darwin. In vielen seiner Versuche, die Entwickelungslehre zu begründen, ist der große Engländer zu weit, in manchen ist er sogar fehlgegangen, wie wir das noch im folgenden Bande sehen

werden. Aber trotz dieser Verstöße wird, so lange es klar und logisch denkende naturwissenschaftlich gebildete Menschen gibt, der Name des britischen Forschers groß und erhaben dastehen, denn er ist der erste gewesen, der ihren Betrachtungen neue Bahnen gewiesen hat.

Das Alte stürzt, es ändert sich die Zeit,
Und neues Leben blüht aus den Ruinen.

Übrigens war sich Darwin selbst nicht unklar über die Mängel seiner Theorie. Das geht allein schon aus einem Briefe an einen seiner Freunde hervor, worin er sagt: „Bitte, glauben Sie nicht, daß ich so blind bin, nicht zu sehen, daß in meiner Theorie zahlreiche ungeheure Schwierigkeiten liegen; dieselben scheinen mir aber geringer zu sein, als die in der gewöhnlichen Anschauungsweise enthaltenen.“

In Berücksichtigung des Grades der Entwickelung, welche die in den sedimentären Felsarten eingeschlossene fossile Flora und Fauna in ihrem Gesamtcharakter zur Schau trägt, hat man diese Gesteine in Gruppen geteilt, deren jede einem bestimmten Bildungszeitraume entspricht. So zerfallen denn auf Grund dieser Umstände sämtliche Schichtgesteine unserer Erde in vier große Abteilungen, welche man, mit der ältesten derselben beginnend, bezeichnet als:

1. archäische Ära, diejenigen sedimentären Felsarten umfassend, welche geschichtet sind, aber noch keine Spur organischer Überreste in ihren Ablagerungen erkennen lassen. Diese Schichtengruppe besteht zumeist aus den sogenannten krystallinischen Schiefern, aus Gebilden, über

die wir noch näher berichten werden, wenn wir erst den Vorgang der Gebirgsbildung eingehender kennen gelernt haben werden.

2. als paläozoische Ära, eine Abteilung, welche die ältesten fossilführenden Sedimente begreift, und deren Namen soviel besagen will, als die Ära, die Zeit der alten Lebewesen.

3. als mesozoische Ära, deren Ablagerungen während des Mittelalters der Erde niedergeschlagen wurden, und endlich

4. als känozoische Ära, welcher die während der Neuzeit der Erde abgelagerten sedimentären Felsarten angehören.

Jede der vier Ären zerfällt wieder in eine Anzahl von Unterabteilungen, die Systeme, früher Formationen genannt werden, und jedes System besteht dann wiederum aus einer Reihe von Stufen, die man ihrerseits wieder in Unterstufen, in Horizonte u. s. f. abgeteilt hat. Auch hierauf kommen wir im zweiten Bande eingehender zurück. Nun läßt sich aber das Alter der sedimentären Gebilde natürlich nicht angeben, insofern es sich dabei um die Frage handelt, dasselbe in einer Zahl, in einem bestimmten Zeitmaß von Jahren auszudrücken. Der Geologe vermag eben nur vom gegenseitigen Altersverhältnis zweier Schichtengruppen, oder auch zweier Schichten zu reden, von deren gegenseitigem Älter- resp. Jüngersein, von deren relativem Alter. Neben den Fossilien kann auch die Übereinanderlagerung entscheidend sein für das relative Alter zweier sedimentären Gebilde, aber nur da, woselbst solche sich noch in ihrer ursprünglichen gegenseitigen Lagerung befinden. Denn dann muß selbstverständlicher Weise die

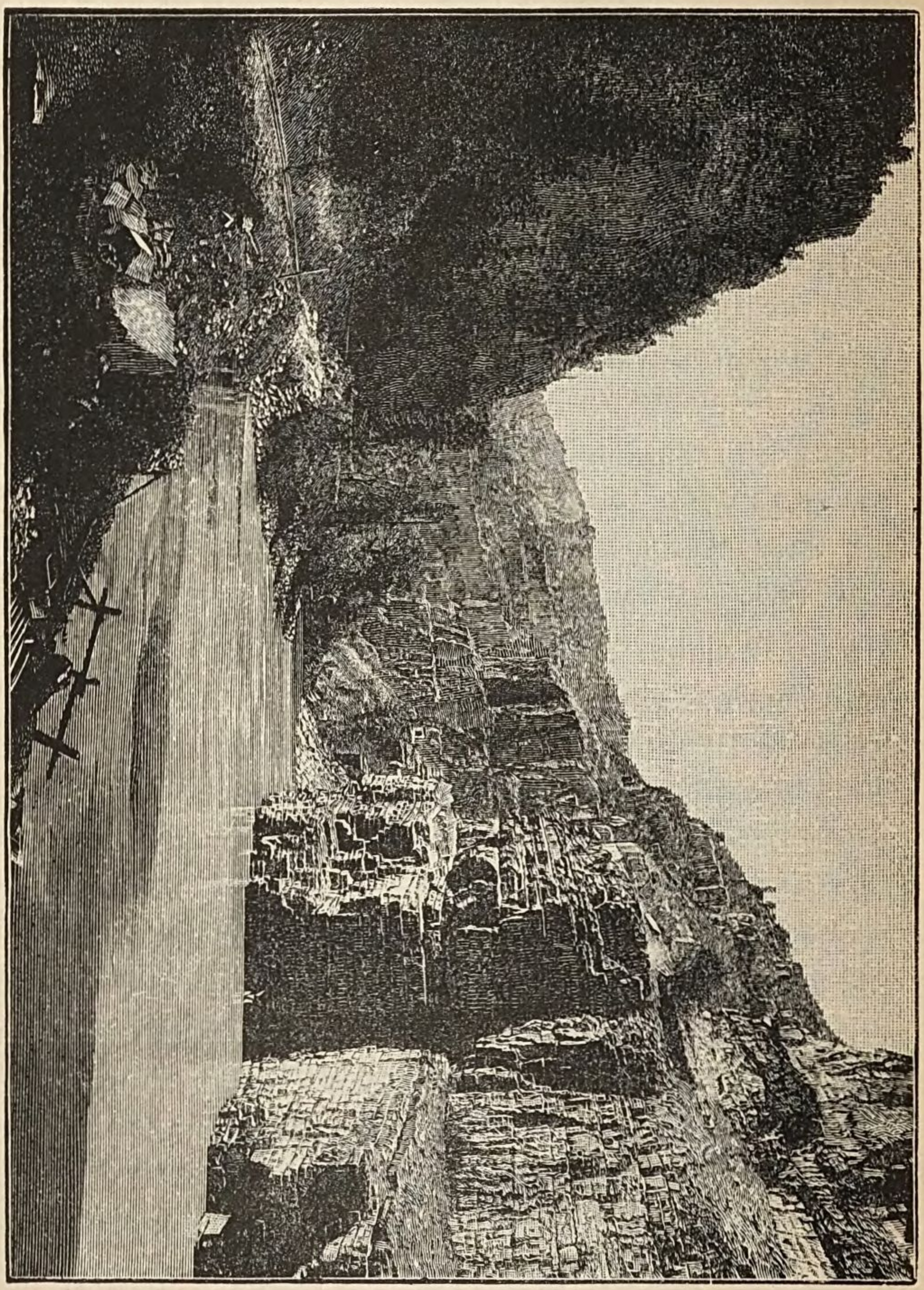


Fig. 44. Horizontal gelagerte Schichten im Cannon des Grand-River in Nordamerika. Nach einer Photographie.

unterſte Geſteinsſchicht allemal älter ſein, als die obere, weil Sedimente immer nur in horizontaler Lagerung abgeſetzt worden ſein können. (Fig. 44.) Dieſe letztere iſt aber in den allermeiſten Fällen gar nicht mehr vorhanden, denn infolge der ſtetigen im Felsgerüſt unſerer Erde ſtattfindenden Verſchiebungen ſind die ſedimentären Schichtenreihen geſtört, und zwar aufgerichtet, ſo daß dieſelben bisweilen beinahe ſenkrecht ſtehen, verworfen, gegeneinander abgeſunken u. ſ. f. (Fig. 45 bis 47.) Es ſei hier auf

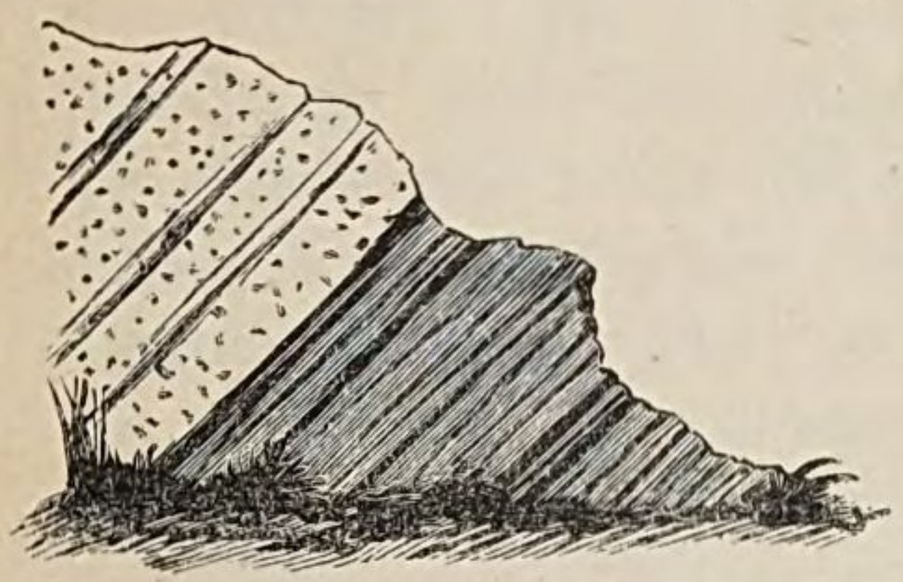


Fig. 45. Aufgerichtete Schichten.

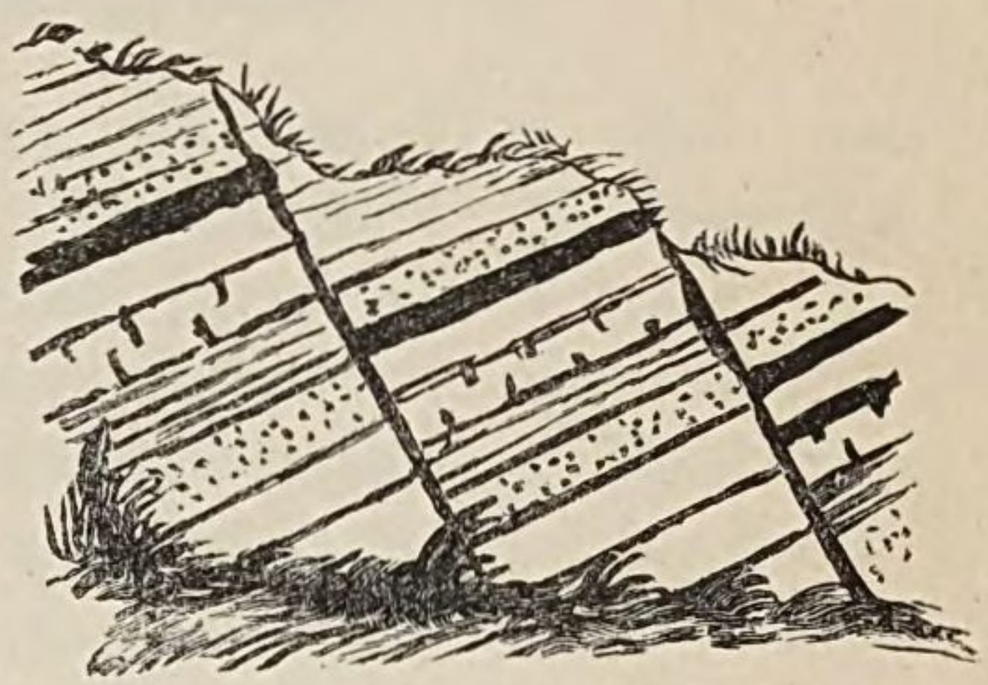


Fig. 46. Aneinander verworfene Schichtenreihen.

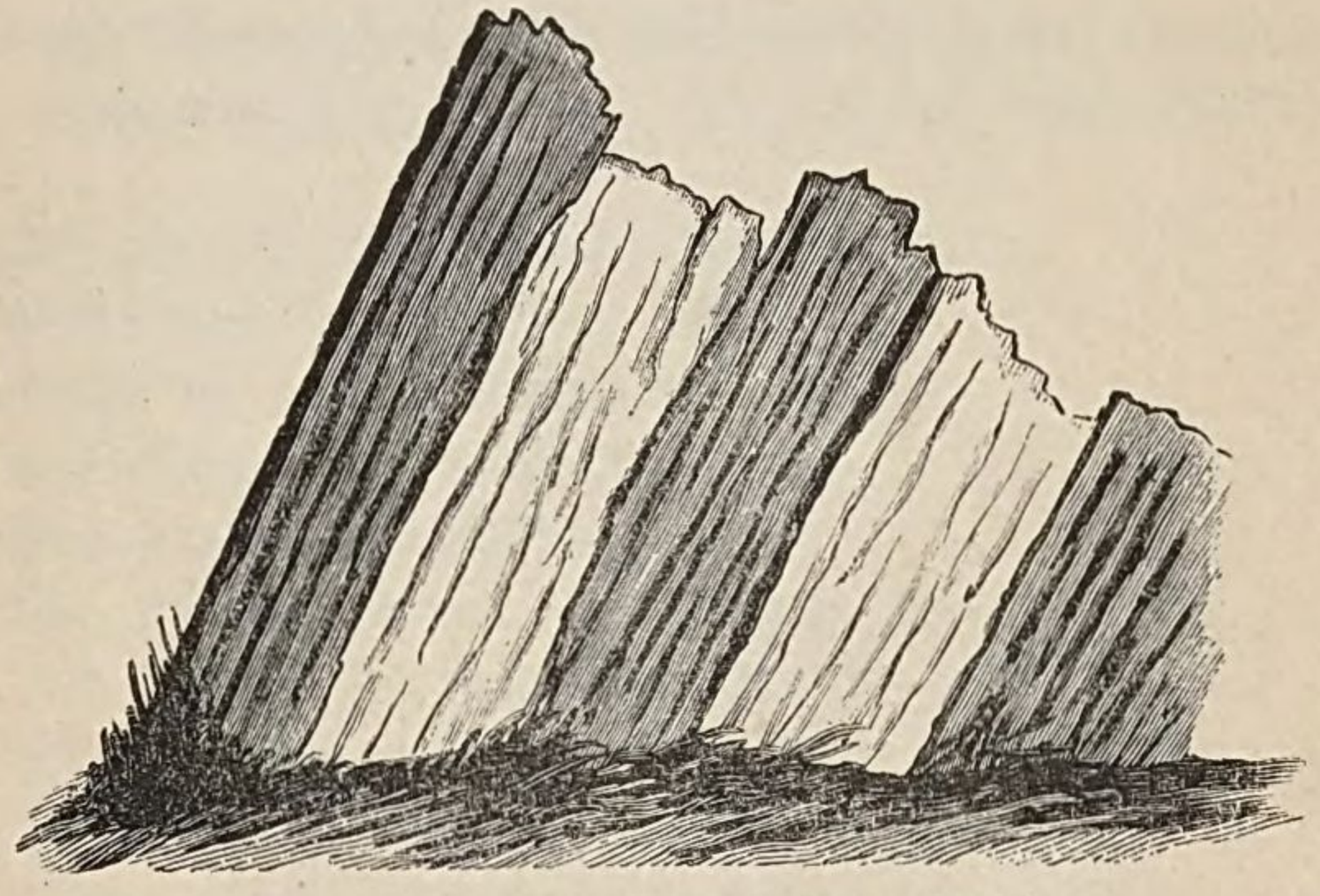


Fig. 47. Beinahe ſenkrecht ſtehende Schichten.

die nebenstehenden Abbildungen verwiesen, welche diese Verhältnisse deutlich erläutern werden. Die Ausbildungsweise der Gesteinsschichten selbst, deren relatives Alter festgestellt werden soll, kann meist ebensowenig zur Ermittelung dieses letzteren dienen, denn Felsarten der verschiedensten Aren und Systeme sind sich oft außerordentlich ähnlich. Das sicherste Kriterium dafür ist und bleibt, wie wir sehen werden, der Charakter der darin eingeschlossenen fossilen Flora und Fauna.

Dreizehntes Kapitel.

Vom festen Wasser.

Die Gletscher. Die Umwandlung des Schnees in Firn- und Gletschereis. Das Gletscherkorn. Gletscherspalten. Die Regelation. Die Glescherbewegung. Flächenausdehnung der Gletscher. Die Guferlinien oder Moränen. Seiten-, Mittel- und Frontmoränen. Unreinheit des Gletschereises. Grundmoränen. Gletscherschliffe und Rundhöcker. Der Gletscher ein Schleifapparat. Die skandinavischen Gletscher und Firnfelder. Das Inlandeis Grönlands. Von dem in den Gletscherabflüssen suspendierten Gesteinsmaterial. Das Kalben der grönländischen Eisströme. Eisberge. Die geologische Rolle des Treibeises. Erosionswirkung des Gletschereises. Stauchungserscheinungen. Die präsumierte große Erosionsarbeit des diluvialen Gletschereises. Schluß des ersten Bandes.

Wo von selten erstiegenen Gipfeln herab
Schluchten sich weiten zu Thale,
Siehe, da tritt in fremdneuer Gestalt,
Der Schnee, der ewige zu Tage;
Von Wasser durchträuft,
Von der Sonne mit schmelzendem Hauche beleckt
Und wieder von Nachtkälte frierend gestreckt
Wandelt er ganz sich zu Eise.
Prunkvoll und fest, einem Harnisch gleich,
Einem glänzenden Harnisch von edlem Metall,

Spreitet des Ferners kryſtallener Schwall
Um des Bergrieſen Bruſt ſich und Rücken.
Er gemahnet mich an ein verzaubertes Meer,
Das im Sturmgewog
Von eines Gewalt'gen gewaltigem Anhauch,
Wie mit magiſchem Schlage erſtarrt ward:
Statt ſchäumend ſich bäumenden Wechſels der Wogen,
Kommt's mit Blöcken und Riffen zu Thale gezogen,
Ein abenteuerlich krauſes Geſtirr
Von Spitzen und Nadeln und Zackengewirr.
Statt Flutenhebung und Senkung erklafft's
Mit Schrunden und Tiefen und grimmigem Spalt.
Weh dem ſteigenden Mann, der hinabſinkt!

(J. V. von Scheffel, Bergpſalmen.)

Eines der merkwürdigſten Erzeugniſſe des meteoriſchen Waſſers ſtellen ohne Frage die Gletſcher dar. Durch einen einfachen Umgeſtaltungsprozeß werden dieſelben aus dem ewigen Schnee gebildet. In unſern Breiten iſt ein zuſammenhängendes Gebirge mit Thalkeſſeln und weiten Mulden erforderlich, um Gletſcherbildung zu erzeugen, ein Gebirge, deſſen Gipfel ſelbſtverſtändlicher Weiſe in die Regionen des ewigen Schnees hinaufreichen müſſen. Solche weite, muldenförmige, bergaufwärts oft verzweigte Thalſtufen, keſſelförmig, mit Kämmen und Gipfeln ſteil und ſcharf umrandet, ſind die Gebiete, in denen im Hochgebirge unſerer Zone die Gletſcher geboren werden. Hier ſammelt ſich der Schnee an, der teils direkt nieder-fällt, teils an den Gehängen der umgebenden Berge in Lawinenform herabſauſt und die Mulde, die Firnmulde, wie ſie genannt wird, erfüllt. Je größer das einer ſolchen Mulde tributpflichtige Firngebiet iſt, um ſo größer und ſtärker wird in den meiſten Fällen dann auch der Eis-

strom sein, den sie entsendet, und der thalabwärts als Gletscher dahinzieht, einen wunderbaren Eindruck gewährend, den Scheffel in den zu Eingang dieses Kapitels zitierten Versen in gar beredter Weise geschildert hat. In der Firnmulde unterliegt der Schnee einer Umwandlung; ähnlich wie der Schnee im Tieflande, wenn er etwas länger ungeschmolzen bleibt, ballig und körnig wird, so entstehen auch hier aus den feinen Schneekrystallen körnige Gebilde, Firn, wie das technische Wort lautet. Die einzelnen Firnkörner sind ungefähr gleichmäßig groß, von rundlicher Gestalt, einzeln betrachtet vollständig durchsichtig, wenn dieselben auch zuweilen Luftblasen umschließen. Eine besonders charakteristische Eigenschaft des Firns ist seine viel geringere Schmelzbarkeit, als diejenige des Hochschnees. Doch geht natürlicher Weise auch beim Firnschnee ein Abschmelzen vor sich, wobei derselbe nach und nach von seinem Schmelzwasser förmlich durchtränkt wird. Sinkt dann die Temperatur wieder — infolge der großen Nachtfröste in jenen hochgelegenen Regionen oder auch während der Winterszeit, so erfolgt ein Wiederfrieren desselben, und er wird zu Eis, und zwar erst zu Firneis und schließlich zu Gletschereis, das sich ganz allmählich durch wahrscheinlich vorwiegend mechanische Umbildung aus dem ersteren entwickelt und dichter ist als dieses. Da die Umwandlung des Firneises in das Gletschereis durch das Fließen des Gletschers bewirkt wird, so werden kurze Gletscher nur wenig entwickeltes Gletschereis besitzen; bei längeren Eisströmen wird das Eis um so dichter sein, je näher wir deren unterem Ende kommen. „Wenn man," so lesen wir bei Heim, „ein

größeres Stück anscheinend ganz homogenes, blasenfreies, kompaktes Eis aus den tieferen Teilen eines Gletschers herausschneidet und dasselbe in warmer Luft neben einem ähnlich aussehenden Stück klaren Wassereises zur allmählichen Schmelzung gelangen läßt, so gewahrt man sofort einen auffälligen Unterschied im Verhalten. Beim Wassereis schmilzt außen Rinde um Rinde ab, der schwindende Rest bleibt hell. Beim Gletschereis beobachtet man aber bald eine Menge feiner Trennungen, welche als sogenannte Haarspalten oder Kapillarspalten die Masse durchziehen. Dieselben treten immer mehr heraus, Wasser fließt unten aus, Luft dringt oben in die Spältchen ein. Das Eis wird durch das Haarspaltennetz allmählich immer deutlicher in ein Konglomerat unregelmäßig geformter Brocken zerteilt, die endlich auseinanderfallen. Jeder Brocken schmilzt hernach für sich, so wie ein Stück homogenen Wassereises. Diese Brocken nennt man das Gletscherkorn."

Sowohl die Firnregion, als auch der Eisstrom selbst wird von einem System vertikaler Risse, Spalten und Klüfte durchzogen; die am Rande des Gletschers auftretenden, dann unter einem etwa 45° betragenden Winkel schief gegen die Gletschermitte ziehenden nennt man die Randspalten, Querspalten dagegen diejenigen Klüfte, welche sich auf dem Eisstrome entwickeln, wenn dessen felsiger Untergrund Unebenheiten zeigt und steil abfällt. Es sind diese letzteren die gewaltigsten aller Gletscherklüfte. Längsspalten zeigen sich dort, wo der Eisstrom aus einem engen Thal in eine Thalerweiterung tritt. Bisweilen entstehen auch am Grunde des Gletschers Eis-

Fig. 48. Gletscherspalten am Eissturz des Rhonegletschers.
Nach einer Photographie der Vermessungskommission.

zerklüftungen, die jedoch nicht bis an dessen Oberfläche reichen, die Grundspalten. Die Eisklüfte und Spalten liegen oftmals dicht hinter einander und in größerer Anzahl zusammen; ihre Breite ist sehr verschieden und kann zwischen nur wenigen Centimetern und vielen Metern schwanken, und ebenso wechselnd ist deren Tiefe, die manchmal bis auf den Felsgrund hinabreicht. In eine dieser letzteren Spalten fiel einst ein Bewohner des Dorfes Grindelwald im Berner Oberlande, doch kam derselbe mit dem Schrecken davon, denn er konnte unter dem Eise im Bette eines sich daselbst fortbewegenden Wasserlaufes wieder herauskriechen. Nicht jeder Gletschergänger ist in gleichem Falle so glücklich. Tausende von Opfern haben die Eisströme schon gefordert, jedes Jahr wird ihre Zahl größer, und nur sehr wenigen davon ist es vergönnt gewesen, das Licht der Sonne wieder zu erblicken. Jene auffallenden, mit Obelisken und Pyramiden vergleichbaren Eiszacken, die Eispyramiden, entstehen aus der teilweisen Zerstörung der Zwischenwände dicht an einander gedrängter Spalten. Ungemein veränderlich ist übrigens die Oberfläche des Gletschers; da, wo früher tiefe Klüfte dessen Eis durchzogen, erblickt man später oft fast ebene Flächen, und dort, wo noch vor kurzer Zeit Spalten den Übergang unmöglich machten, tritt heute der Fuß mit Sicherheit auf. Oft ist ein Jahr schon genügend, um der Gletscheroberfläche eine ganz andere Gestaltung zu geben.

Faraday hat entdeckt, daß man zwei aneinander gebrachte Eisstücke durch Druck zum Zusammenfrieren zwingen kann. Nimmt man solche und drückt dieselben mit den Händen aneinander, so werden sie selbst unter

warmem Wasser wieder zusammenfrieren. Man nennt diesen Vorgang die Regelation, das Wiedergefrieren. Durch Druck wird nämlich der Schmelzpunkt des Eises erniedrigt, beim Zusammenpressen entsteht an der Berührungsstelle Wasser, welches, obgleich in flüssigem Zustande, dennoch unter den Nullpunkt erkaltet ist, und zur Seite, an nicht gedrückte Stellen ausweichend, sogleich wieder erstarrt und die Eisstücke wieder verkittet. Die Gletschermasse, obgleich aus festem Eis gebildet, hat vermöge ihrer Zusammensetzung aus einzelnen Körnern, die durch den im Eisstrom wirkenden Druck der Regelation ständig unterliegen, also aneinander verschiebbar sind, gleichsam Millionen Gelenke. Sie folgt daher dem Zug der Schwere, einem zähen Thonbrei vergleichbar, und gleitet auf der geneigten Sohle ihres Thales langsam hinab, indem sie dessen Windungen folgt, sich durch dessen Verengungen hindurchzwängt und in seinen Erweiterungen sich ausbreitet. Der Gletscher bildet, wie wir schon sahen, den Abfluß seiner Firnmulde, deren Vorrat ihn immer wieder speist, und sein unteres Ende muß sich naturgemäß dort befinden, wo gerade soviel Eis, als von oben nachgeschoben wird, abschmilzt, und reicht sehr oft tief unter die Schneegrenze hinab. So endigt der untere Grindelwaldgletscher in den Berner Alpen, woselbst die Schneegrenze in einer Höhe von 2700 Meter liegt, erst in einer Meereshöhe von 1000 Meter, und so kann es kommen, daß dicht neben den Eismassen der Gletscher grüne Matten sich ausbreiten, Obstbäume gedeihen und Getreidesaaten reifen. Nicht in allen Teilen der Eismasse ist deren Bewegung eine gleich große. Die Untersuchungen,

welche zwei schweizerische Gelehrte, Forel und Gosset, im Auftrage des schweizerischen Alpenklubs am Rhonegletscher angestellt haben, zeigen, daß die Geschwindigkeit des Eisstromes in dessen oberen Teilen zu-, in dessen unteren jedoch abnimmt; dieselbe ist auch in der Querrichtung des Gletschers verschieden und erfolgt hier rascher in dessen Mitte, als an dessen Rändern. Die mittlere Bewegung des Unteraargletschers beträgt jährlich etwa 50 bis 77 Meter, im Mittel täglich also 0,140 bis 0,211 Meter, diejenige des Mer de Glace im Chamonixthale jährlich 80 bis 250 Meter, täglich demnach 0,217 bis 0,687 Meter, während die Ausläufer des mächtigen Inlandeises, welches die Insel Grönland wie ein Leichentuch umspannt hält, im Tage bis 22,46 Meter weit vorrücken! Was die Flächenausdehnung der Gletscher betrifft, so ist auch diese eine sehr variable. Der längste Gletscher der Alpen, der große Aletschgletscher im Wallis, nimmt eine Gesamtfläche von 128,99 Quadratkilometer ein, ist 16,5 Kilometer lang und im Mittel an 1800 Meter breit, der nächstgrößte Eisstrom des genannten Gebirges, der Fieschergletscher, bedeckt ein Areal von insgesamt 40,14 Quadratkilometer, der Rhonegletscher ein solches von 23,70 Quadratkilometer u. s. f. Ganz gewaltig ist der Inhalt eines großen Gletschers. Nach den Berechnungen von Heim hat der Aletschgletscher von der Firnlinie, d. h. von der Stelle, woselbst der eigentliche Eisstrom anfängt, abwärts gemessen ein Volumen von etwa 10 800 000 000 Kubikmeter. „Würden wir," so berichtet dieser Geologe, „den Aletschgletscher in massive Eisstücke zerlegen von Form und Größe eines großen

Gebäudes, wie das eidgenössische Polytechnikum in Zürich, und diese Stücke dicht hintereinanderstellen, so würden wir eine Linie von ungefähr einem Erdquadranten, d. i. 675 geographische Meilen oder ca. 10 000 Kilometer Länge erhalten, oder wir könnten aus dieser Eismasse einen Ring von 250 Quadratmeter Querschnitt um die ganze Erde herumlegen! Vom Gornergletscher im Wallis haben die Engländer berechnet, daß aus seinem Eise in massiven, hausförmigen Eisklötzen drei Städte wie London erbaut werden könnten. So ungeheuer diese Eismassen sind, so gemäßigt, ja unbedeutend erscheinen sie uns im Verhältnis zu den Dimensionen von Berg und Thal, sobald wir alles von einem recht hohen und beherrschenden Standpunkt aus erblicken."

Die Verwitterung löst von den benachbarten Berggipfeln Steinmassen los, die auf den Gletscher niederrollen und dessen Eis mit Felsblöcken, Schutt und Gras bedecken; diese Gebilde trägt der Eisstrom allmählich thalabwärts mit sich fort, und so entstehen an den Rändern des Gletschers mächtige, wallartige Anhäufungen dieser Verwitterungsprodukte, die Gandecken oder Moränen, auch Guferlinien genannt, wobei Gufer soviel besagen will, als Schutt. Es liegt auf der Hand, daß diese Moränen zusammenhängende Schuttwälle bilden, weil ja immer neue Stellen des Eisstroms unter die Orte kommen, woselbst Steine darauf herabfallen, und er ja thalabwärts gleitet. Treffen zwei aus verschiedenen Firnmulden entspringende Gletscher zusammen, um sich zu einem zusammengesetzten Gletscher zu vereinigen, so bilden die beiden zusammenstoßenden Guferlinien eine Mittel-

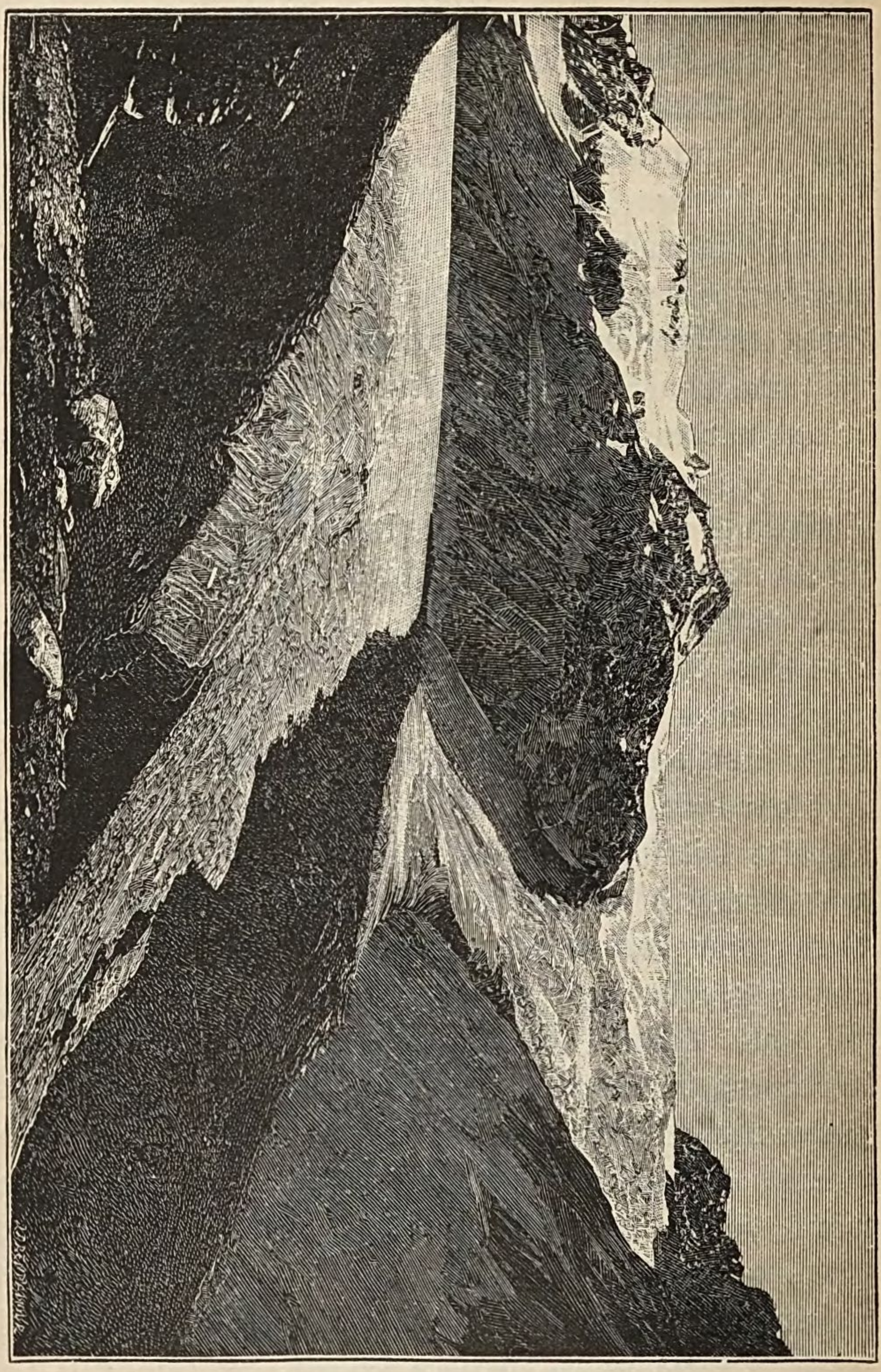


Fig. 49. Hintereisspitze und Kesselwandferner im Ötzthal, vom Hochjoch-Hospiz aus gesehen. Rechts eine große Moräne.
Nach einer Photographie von Spinnhirn und Würthle in Salzburg.

moräne, die dann etwa in der Mitte des neuen Gletschers fortbewegt wird. Zur besseren Unterscheidung der Mittelmoräne von den ursprünglichen Gandecken bezeichnet man diese letzteren dann als Lateral- oder als Seitenmoränen. Wird ein zusammengesetzter Eisstrom aus mehr denn zwei Gletschern gebildet, so führt derselbe naturgemäß nicht eine, sondern mehrere Mittelmoränen mit sich, und es wird sich deren Zahl für jeden Gletscherarm, der sich hinzugesellt, um eine vermehren müssen. An seinem unteren Ende setzt der Gletscher alle diese Schuttmassen ab, und dadurch kommen halbkreisförmige Wälle zur Entwickelung, welche man End- oder Frontmoränen nennt, Gebilde, die zuweilen bis 100 Meter Höhe besitzen können. Seitwärts hängt die Frontmoräne mit den lateralen Guferlinien zusammen und wird meist in ihrem mittleren Teile von dem unter dem Gletscher hervorkommenden Gletscherbach durchbrochen, der häufig zerstörend auf sie einwirkt. Diese am unteren Gletscherende aufgestapelten Trümmerhaufen enthalten nun die Bruchstücke von Gesteinen, welche im ganzen vom Eisstrom durchlaufenen Gebiete vorkommen und zum Teil nur am oberen, oft viele Kilometer von der Endmoräne entfernten Ende anstehend, d. h. als Felsen angetroffen werden. Dem Geologen wird damit das Erkennen der Gesteinsarten in den höheren Regionen des Gebirges, wohin er nicht immer ohne große Schwierigkeiten gelangen kann, ungemein erleichtert. Andererseits dienen uns solche Frontmoränen, die vielfach liegen geblieben sind und der Erosion Widerstand geleistet haben, selbst wenn der Eisstrom, dem sie ihr Dasein verdanken, längst nicht mehr existiert, dazu, die Grenzen

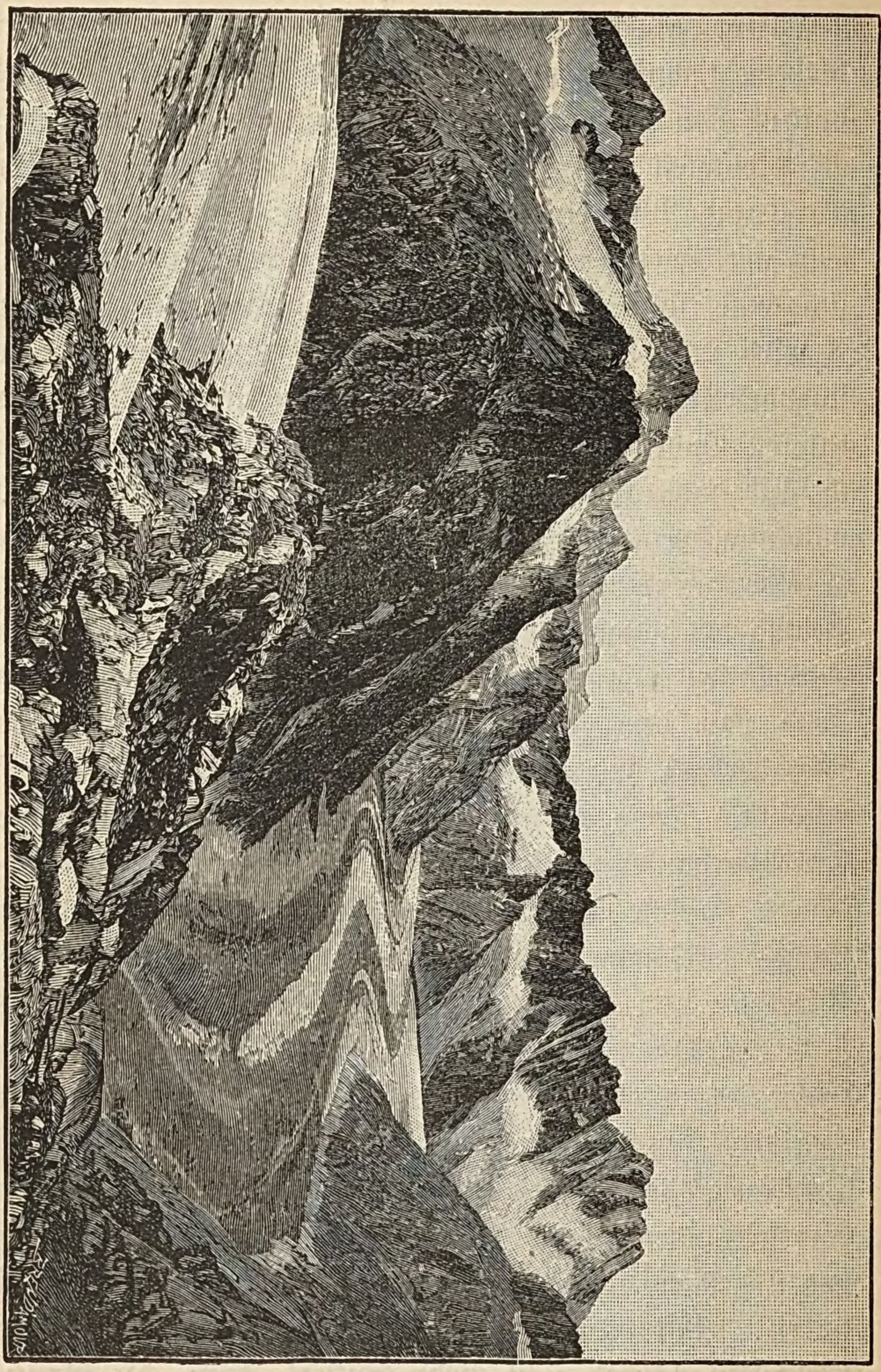


Fig. 50. Der Oberaargletscher und seine Moränen, von der Kurka aus gesehen. Im Hintergrunde rechts das Schreckhorn.
Nach einer Photographie von Gunghans und Koriker.

ehemaliger Vergletscherungsgebiete zu erkennen und festzustellen, daß sich in Gegenden, worin heutzutage weit und breit keine Spur von Gletscherbildung mehr vorhanden ist, einstmals mächtige Eisströme fortbewegt haben. Wenn wir im nächste Bande dieses Buches auf die Eiszeit zu sprechen kommen werden, soll dir, lieber Leser, Gelegenheit gegeben sein, dich hierüber genauer zu unterrichten.

Daß im Gletschereise selbst allerlei Unreinheiten eingeschlossen sind, Schlamm, Sand, Steine, dann auch tierische Überreste, so besonders von Insekten, Gegenstände, die teils schon in der Firnregion darauf niederfielen, das ist ja eine selbstverständliche Folge seiner Bildungsweise. Das scheinbar reinste Eis enthält stets Sand und Staub, und nach den Berechnungen von Agassiz sind in einem Liter von solchem, das aus der Tiefe von 7 Meter unter der Gletscheroberfläche stammte, noch $2^1/_2$ Gramm festen Schmelzungsrückstandes gefunden worden. Durch das Abschmelzen des Eises an der Oberfläche verschwindet Schicht um Schicht derselben, wodurch alle diese Einschlüsse zu Tage kommen, liegen bleiben und sich anhäufen, oder durch Hineinfallen in Spalten wieder ins Eis oder gar auf den Grund des Eisstroms geraten. Bei den allermeisten Gletschern wird die Eisoberfläche immer unreiner, je mehr wir ihrem unteren Ende näher kommen, oftmals ist das Eis nur noch eine graue, schmutzige Masse. Doch auch in höheren Teilen des Gletschers kann die Oberfläche des Eises förmlich von Schutt- und Schmutzmengen bedeckt sein, wie dies die nebenstehende, den oberen Teil des Rhonegletschers darstellende Abbildung zeigt.

Fig. 51. Der obere Teil des Rhonegletschers. Man sieht den mit Schmutz bedeckten und zerklüfteten Eisstrom. Nach einer Photographie.

Wie die Oberfläche eines Eisstromes, so ist auch dessen untere Seite mit größeren oder geringeren Schuttmengen bedeckt, die teils von aus dem Gletscherbett selbst losgelösten Gesteinsstücken, teils wiederum aus solchen bestehen, welche von den Moränen herstammen und entweder durch Hineinfallen in Spalten auf den Grund des Eises geraten, oder hindurchgeschmolzen sind. Bedenkt man nun die ungeheure Last, womit die Eismasse der Gletscher auf das unter ihr liegende Gestein drückt, so wird man begreiflich finden, daß der thalabwärts fortschreitende Eisstrom das letztere benützt, um wie eine Feile sein Felsbett zu polieren und abzuschleifen, manchmal sogar bis zur Politur zu glätten. Die Gesteinstrümmer werden zermalmt und schließlich zu feinem Sand und Schlamm zerrieben, der entweder von dem auf dem Boden des Gletschers zirkulierenden Wasser mit fortgeführt wird, oder auch an besonders günstigen Stellen liegen bleibt und dann am Grunde des Eisstroms eine zähe Schlamm- und Sandschicht bildet, meist von geringer Mächtigkeit, in welcher jedoch auch größere, der Zertrümmerung stärkeren Widerstand leistende Felsstücke stecken, die Grundmoräne, der béton glaciaire der Franzosen. Überall da, wo in Bewegung befindliches Gletschereis auf seine feste Unterlage drückt, werden wir die soeben erwähnten Schliffflächen finden, die weder mit der Glättung durch fließendes Wasser, noch mit den Erscheinungen, welche entstehen, wenn Gestein sich an Gestein verschiebt, und die man Spiegel, Rutschflächen oder Harnische nennt, verwechselt werden dürfen, denn sie sind meist nicht durchweg eben und glatt, sondern zeigen gewöhnlich Ritzen und

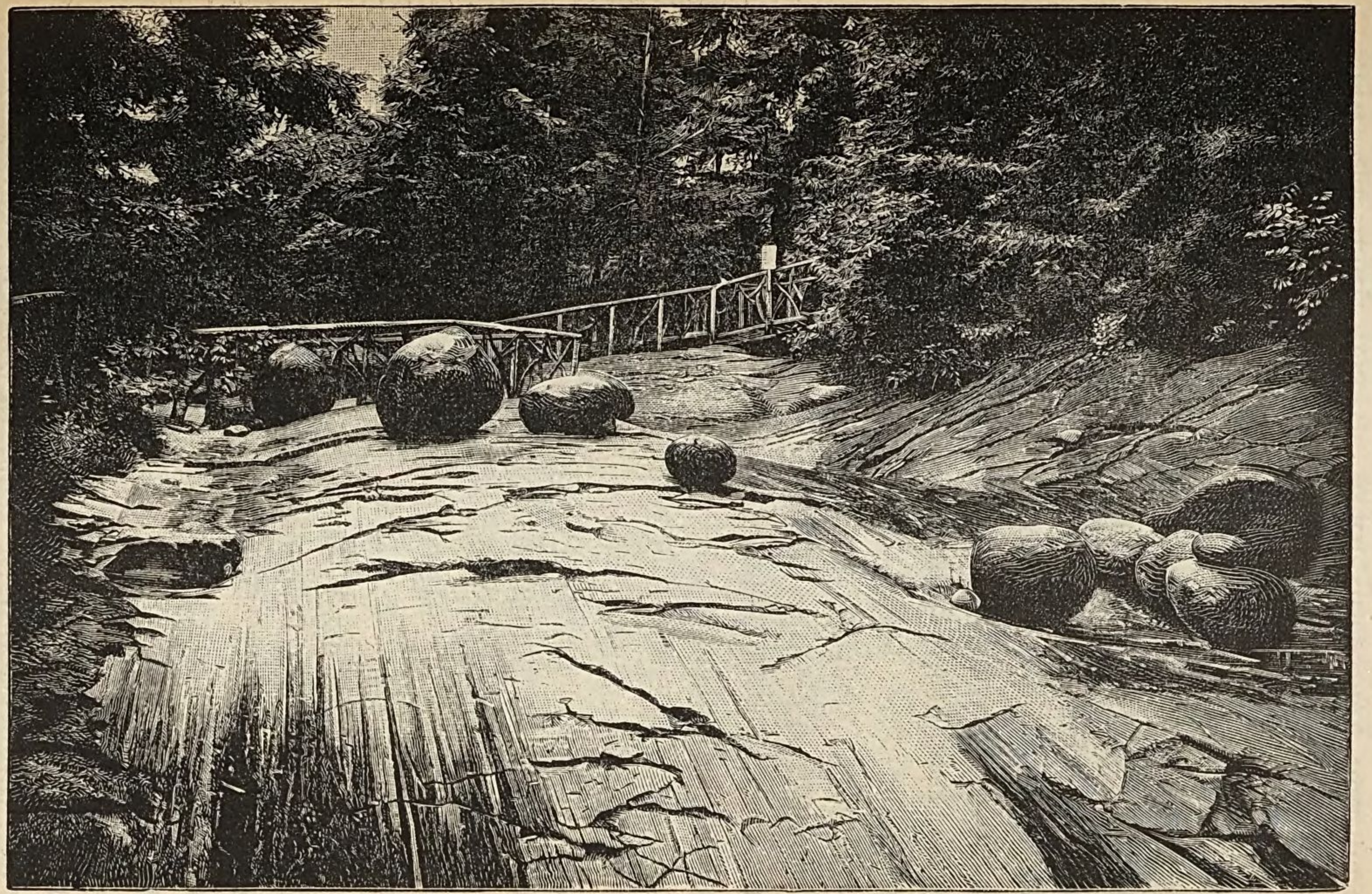


Fig. 52. Vom Gletschereise der Vorzeit geschrammte und geschliffene Felsenoberfläche im Gletschergarten zu Luzern. Die herumliegenden Felsblöcke sind Reste der Grundmoräne des vormaligen Gletschers. Nach einer Photographie von Junghanns u. Koritzer

Furchen, welche in der Regel mit der Bewegungsrichtung der Gletscher parallel laufen. Einzelne dieser Ritzen und Schrammen erreichen oft 1 bis 3 Meter Länge, und man findet zuweilen darin noch die Splitter der ritzenden Steine. Nicht selten sind glatte Flächen mit sogenannten Rundhöckern verbunden, die im großen gerade so aussehen, wie im kleinen die Erhöhungen an Nieren. Der bekannte Alpenerforscher Saussure verglich dieselben mit dem wolligen Vließ eines Schafes und gab ihnen deswegen den Namen roches moutonnées. Keiner Felsart ist diese Form eigentümlich, jedes Gestein, sei es härter oder weicher, wird vom Gletscher in gleicher Weise abgeschliffen. Nicht nur der Untergrund des Gletschers, auch die zwischen diesen ersteren und das Eis eingeklemmten größeren und kleineren Gesteinsstücke unterliegen einer Schrammung und Ritzung, sofern dieselben nicht sofort zermalmt werden. Es sind dies die sogenannten gekritzten und geschrammten Gletschergeschiebe, deren Vorkommen in größerer Menge in nicht mehr vergletscherten Gebieten gleichfalls ein ähnliches Dokument für deren vormalige Vereisung sein kann, wie die Endmoränen.

Das Gletschereis übt eine direkte Erosionswirkung nicht oder doch nur in geringem Maße aus, das dürfte aus dem soeben gesagten wohl deutlich hervorgehen. „Wie beim Flusse nicht das Wasser selbst Felsgrund und Geschiebe abnutzt, sondern nur als der Motor wirkt, und Geschiebe und Thalgrund gegenseitig als die vom Wasser in Gang gebrachten Feilen oder Schleifsteine wirken, so greift das Gletschereis selbst weder Felsgrund noch Gesteinsbrocken merklich an, wohl aber drückt es dieselben

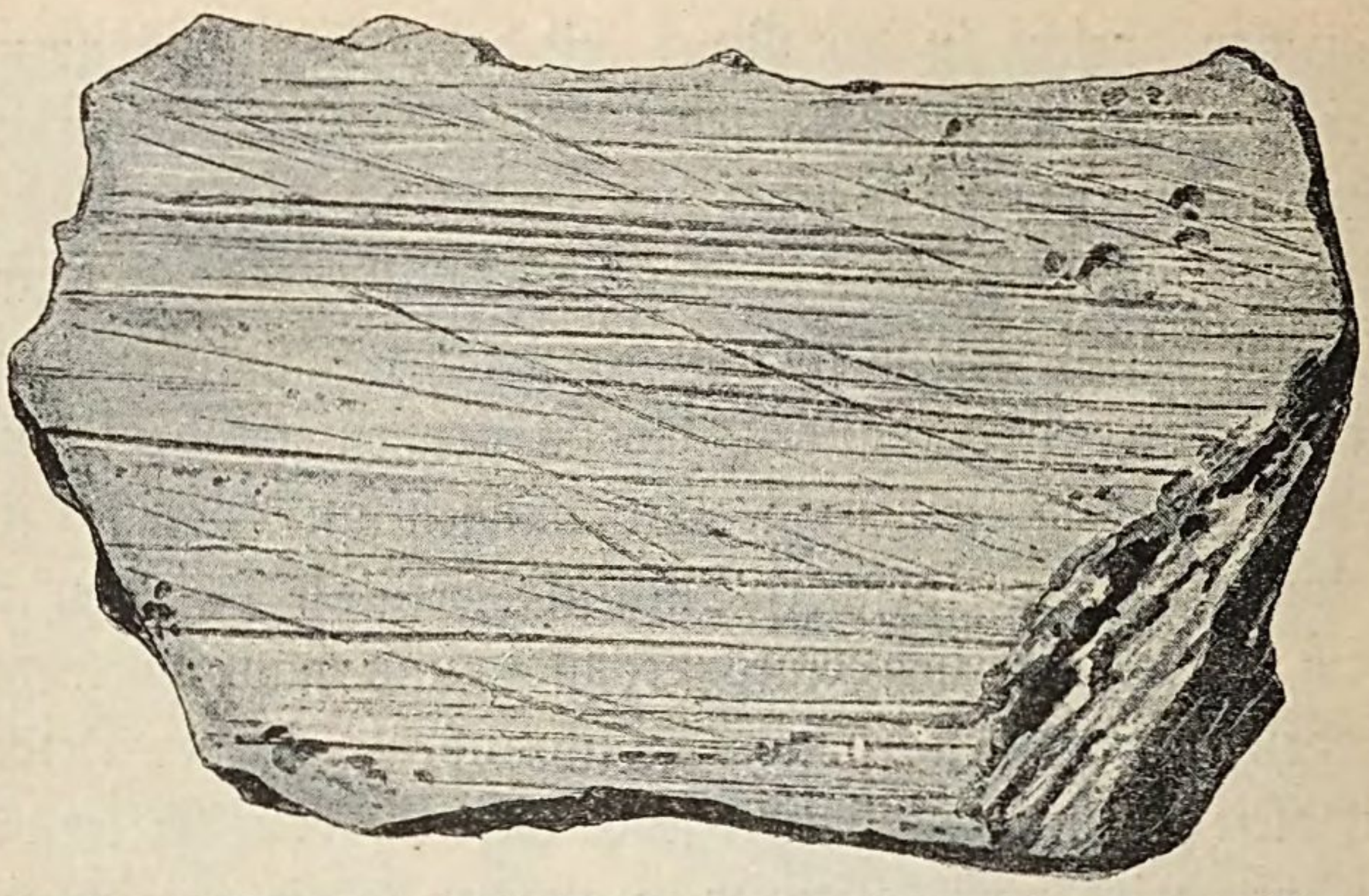


Fig. 53. Geschrammtes Geschiebe. Nach einem Original im mineralogischen Museum zu Kiel.

aneinander und bewegt dabei die letzteren über den ersteren im Sinne der Thalrichtung. Der Gletscher stellt einen großartigen Schleifapparat dar." (Heim.)

Das sind die Gletscher unserer Hochgebirge! Wer sie einmal geschaut in ihrer Pracht, der vergißt sie nimmer. Einen eigenen Reiz gewährt es, auf ihnen herumzusteigen, die vereisten Höhen und Gipfel zu erklimmen, welchen sie ihren Ursprung verdanken, einen Reiz, den zu befriedigen manche Leute keine Gefahren und keine Strapazen scheuen, denn die Luft weht leichter und reiner dort oben, und das, was den Menschen im täglichen Leben bedrückt und plagt, er nimmt's nicht mit hinauf in die krystallenen Höhen, er läßt es tief unten im Thale.

Auf den Bergen ist Freiheit. Der Hauch der Grüfte
Dringt nicht hinauf in die reinen Lüfte.
Die Welt ist vollkommen überall,
Wo der Mensch nicht hinkommt mit seiner Qual.

In tiefen Mulden, die eingefaßt sind von hohen Graten, Gipfeln und Kämmen, sammelt sich der Firnschnee in unseren Breiten, um in verwandelter Gestalt als Gletscher ins Thal zu reisen. Anders in Skandinavien und noch weiter im Norden, in Grönland. In Norwegen bedecken die Firnfelder, ungeheuren Leichentüchern nicht unähnlich, weite Hochebenen, die nur wenig von Felsen und von Steilböschungen unterbrochen werden. „Diese im ganzen konvex gekrümmten Hochflächen sammeln den Schnee nicht nach wenigen einzelnen Abflußthälern hin, vielmehr zerteilen sie denselben nach allen Richtungen. An den Rändern schiebt die Masse sich vor, bricht da teils in Lawinen ab, teils steigt sie in Gestalt zahlreicher und deshalb kleinerer, meist steiler Gletscher in die verschiedenen Stufen der Thäler hinab, die baumförmig verzweigt, sich zwischen die Hochflächen eingedrängt und dieselben tief zerteilt haben.“ (Heim.)

Das größte Firnfeld Norwegens ist die Eisfläche des Justedalbraen, der etwa 900 Quadratkilometer Landes bedeckt und 20 Gletscher entsendet, deren bedeutendste selbst nicht mit mittelgroßen Eisströmen der Alpen verglichen werden können und kaum über 5 Kilometer Längenausdehnung erreichen. Das Firnfeld des Folgefond nimmt ein Areal von ungefähr 250 Quadratkilometer ein, und auch ihm entströmen mehrere größere und kleinere Gletscher, nicht länger, als diejenigen des Justedalbraen, darunter der Buerbrä. Wie klein erscheinen aber auch diese gewaltigen Eiswüsten im Gegensatz zu dem ungeheueren grönländischen Eisfeld, „unter welchem,“ wie Fridtjof Nansen, dessen kühner Erforscher, sagt „alles Land verschwindet und

das den Gesichtskreis nach Westen und nach Osten zu, von Norden bis nach Süden beherrscht.“ „Das ist,“ so fährt der Genannte fort, „das Inlandeis, der größte Eisgletscher der nördlichen Halbkugel. Wie groß er ist, können wir noch nicht mit Bestimmtheit sagen; daß die Ausdehnung aber mindestens eine Million Quadratkilometer beträgt, wissen wir. Sowohl Eskimos wie Nordländer, alle machten vor dem äußeren Rande desselben Halt, und zu allen Zeiten hat über dem Inland ein Schleier gelegen, den kein Mensch ganz zu lüften vermochte, und hinter dem die wildesten Phantasien ihr Spiel treiben konnten, denn gleich wie alles, was in Finsternis gehüllt ist, hat auch Grönlands Inland eine eigenartige Anziehungskraft auf den Geist des Menschen ausgeübt.“ Wenn wir heutzutage etwas genauer über die innere Beschaffenheit des grönländischen Inlandeises unterrichtet sind, so verdanken wir das bekanntlich Fridtjof Nansen, dessen unerschrockener Zug quer über die Insel zu den heldenmütigsten Thaten gehört, welche die Wissenschaft in allen Zeiten zu verzeichnen gehabt hat.

Mächtige Eisströme ziehen vom Inlandeise ins Meer hinab, gletscherartige Gebilde, welche Erich von Drygalski Inlandeisströme nennt; dieselben zeigen teilweise eine sehr rasche Fortbewegung und sind von gewaltiger Ausdehnung, so der Jakobshavner Eisstrom, der große Karajak, der Upernivik-Eisstrom, und noch andere mehr. „Denken wir uns,“ so äußert sich der soeben genannte junge Gelehrte, „eine plastische Masse Lehm oder wasserdurchtränkten Sand auf einer Tischplatte so gelagert, daß die Böschung, welche sich nach allen Seiten herstellen

muß, noch vor dem Tischrande endigt, so wird die Masse auf dem Tische im Gleichgewicht verharren. Denken wir uns dann den freien Tischrand bis in die Lehmmasse hinein stellenweise ausgeschnitten, so wird die Lehmmasse in diese Lücken hineinstürzen, und auch dort, wo die Einschnitte schon aufgehört haben, wird sich in der Lehmmasse ein Fluß nach den Ausschnitten herstellen müssen. Das ist das Wesen der Inlandeisströme. Das Inlandeis lagert im Gleichgewicht auf dem Plateau, rings umgeben noch von einem eisfreien Gürtel. Aber dieser ist durch die Fjorde kreuz und quer durchschnitten, und in den Ausschnitten stürzt das Inlandeis in mächtigen Strömen ins Meer." *)

Das Inlandeis entbehrt der Oberflächenmoränen, denn es wird ja nur in seltenen Fällen von Berggipfeln oder Kämmen überragt, von welchen verwittertes Gesteinmaterial darauf niederfallen könnte, doch sind die Eisströme des Inlandeises zuweilen von kurzen moränenartigen Bildungen begleitet, besonders in der Nähe der Nunataker, felsiger, über das Inlandeis hervorragender Inseln, welche hie und da an der Randzone desselben auftreten. Daß durch die Eisströme des Inlandeises viel verwittertes Material fortgeschafft wird, welches sich auf dessen Untergrund befindet, das zeigt der Umstand, daß dem Eisstrom des Jsortok-Fjord in Westgrönland im Juni 1879 durch den ihm entquellenden Wasserlauf etwa 9129 bis 9744 Gramm Gesteinsmasse im Kubikmeter

---

*) Grönlands Gletscher und Inlandeis (In: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Bd. 27, 1892, Nr. 1.).

Wasser entzogen wurden, demjenigen von Nagsugtok etwa 200 bis 235 Gramm in derselben Wassermenge. Die

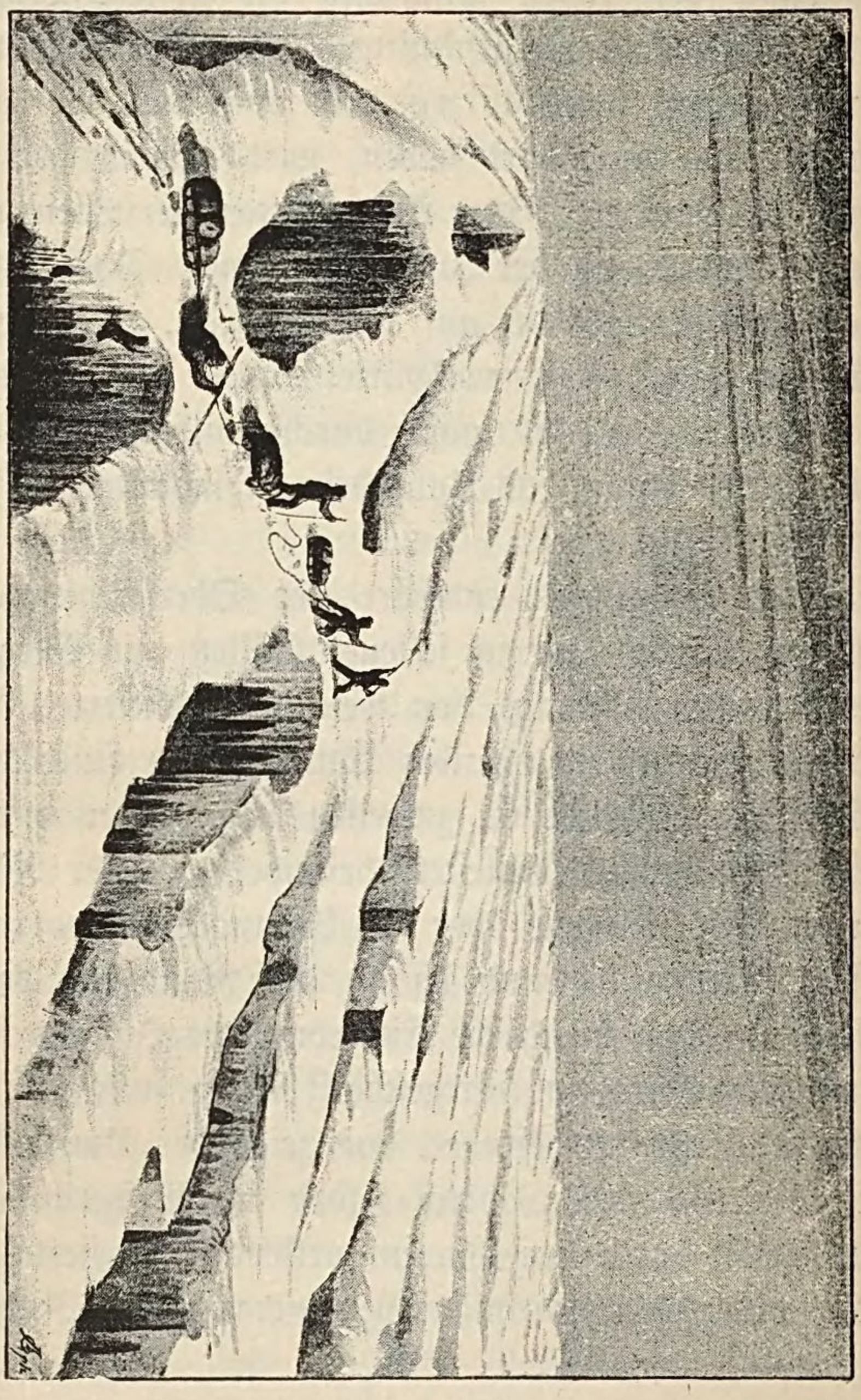


Fig. 54. Ansicht eines von parallelen Spalten durchzogenen Teiles vom grönländischen Inlandeise.
Nach einer Zeichnung von Kornerup in den Mitteilungen über Grönland.

Schmelzwasser beider Eisströme würden demnach jährlich nicht weniger denn 4062 Millionen Kilogramm suspen-

diertes Material dem Meere zuführen. Die Aar entnimmt ihrem Gletscher, dem Unteraargletscher zur Zeit der größten Gletscherschmelze höchstens 142 Gramm Schlamm im Kubikmeter Wasser. Etwa 2 Millionen Kubikmeter Wasser fließen täglich als Aarefluß aus dem Unteraargletscher ab, die Gesamtmenge des jährlich von diesem abgegebenen Schlammes würde demnach an 103 660 000 Kubikmeter betragen, also wesentlich geringer sein, als diejenige der grönländischen Inlandeisströme! Das Eis dieser letzteren springt zungenförmig in die Fjorde ein, und die nachrückenden Eismassen schieben diese Eisspitze immer weiter vor in das Wasser, im Eisfjord von Jakobshavn etwa eine deutsche Meile weit, so daß sie in tiefen Fjorden sehr bald den Boden verliert. Nun fängt das eigene Gewicht des Eises, wenn sein außer Wasser befindlicher Teil sehr mächtig ist, auf die ins Meer vorspringende Zunge des Eisstromes zu wirken an, aber auch der Auftrieb des Meerwassers kommt zur Geltung, und seine Kraft erhöht sich noch durch die Flut. Dadurch bricht die Eiszunge je nach der Höhe ihres Randes oder nach dem Verlaufe der den Eisstrom durchsetzenden Spalten und Klüfte an irgend einer Stelle ab, der Gletscher kalbt, und seine abgebrochene Spitze bildet einen oder auch mehrere Eisberge. Wenn ein solcher ins Schwimmen gerät, so muß er notwendigerweise im Wasser eine Gleichgewichtslage annehmen, er wälzt sich herum, ehe er eine bestimmte Stellung einnimmt, und muß dieselbe immer wieder verändern, sobald durch Abbruch über Wasser oder Abschmelzen größerer Teile seine Gleichgewichtslage unter Wasser gestört werden wird.

Beeinflußt bei einem Eisberge im Meer das abgebrochene Stück die allgemeine Gleichgewichtslage nicht, so steigt er einfach empor und sieht aus wie ein riesiger Pilz, da die im Wasser befindlichen Teile schneller schmelzen. Auch sonst zeigt ein Eisberg noch merkwürdige Erscheinungen. Unter der Wirkung der arktischen Sonnenstrahlen bekommt das Gletschereis ein grobkörniges Gefüge, ist mit zahlreichen Luftkanälchen durchsetzt, die sich im Wasser wieder füllen, so daß solche Teile, wenn sie durch Gleichgewichtsveränderungen des Eisberges nach oben kommen, sich gegen die gelockerten weißen Partieen, welche stets außer Wasser waren, schön blau abheben. Die Bewegung des Meeres preßt auch Wasser in diese Fugen hinein, das sie dann strudelnd erweitert und so bei den Eisbergen die eigentümlichen Aushöhlungen hervorbringt, die jenes starke, dumpfe Geräusch entstehen lassen, das ihre Anwesenheit weithin verrät. Die Eisberge, welche der grönländischen Westküste entstammen, sind die größten der Erde. Ihre Zahl ist eine so ungeheuere, daß der auf diese Weise dem Meere zugeführte Kältevorrat von den unheilvollsten Folgen für die Schiffbarkeit des Meeres sein würde, wenn nicht das Abschmelzen im Ozean überaus rasch erfolgte." (Nach Drygalski.)

Sind derartige Eisgebilde mit fremden Stoffen, mit eingeschmolzenen Gesteinsfragmenten u. s. f. beladen, so werden diese letzteren natürlicher Weise zu Boden sinken müssen, sobald die Abschmelzung erfolgt, und wenn dieser Umstand in größerem Maße vor sich geht, so kann im Laufe der Zeit eine nicht unbeträchtliche Bedeckung des Meerbodens mit solchen losen Materialien stattfinden, so

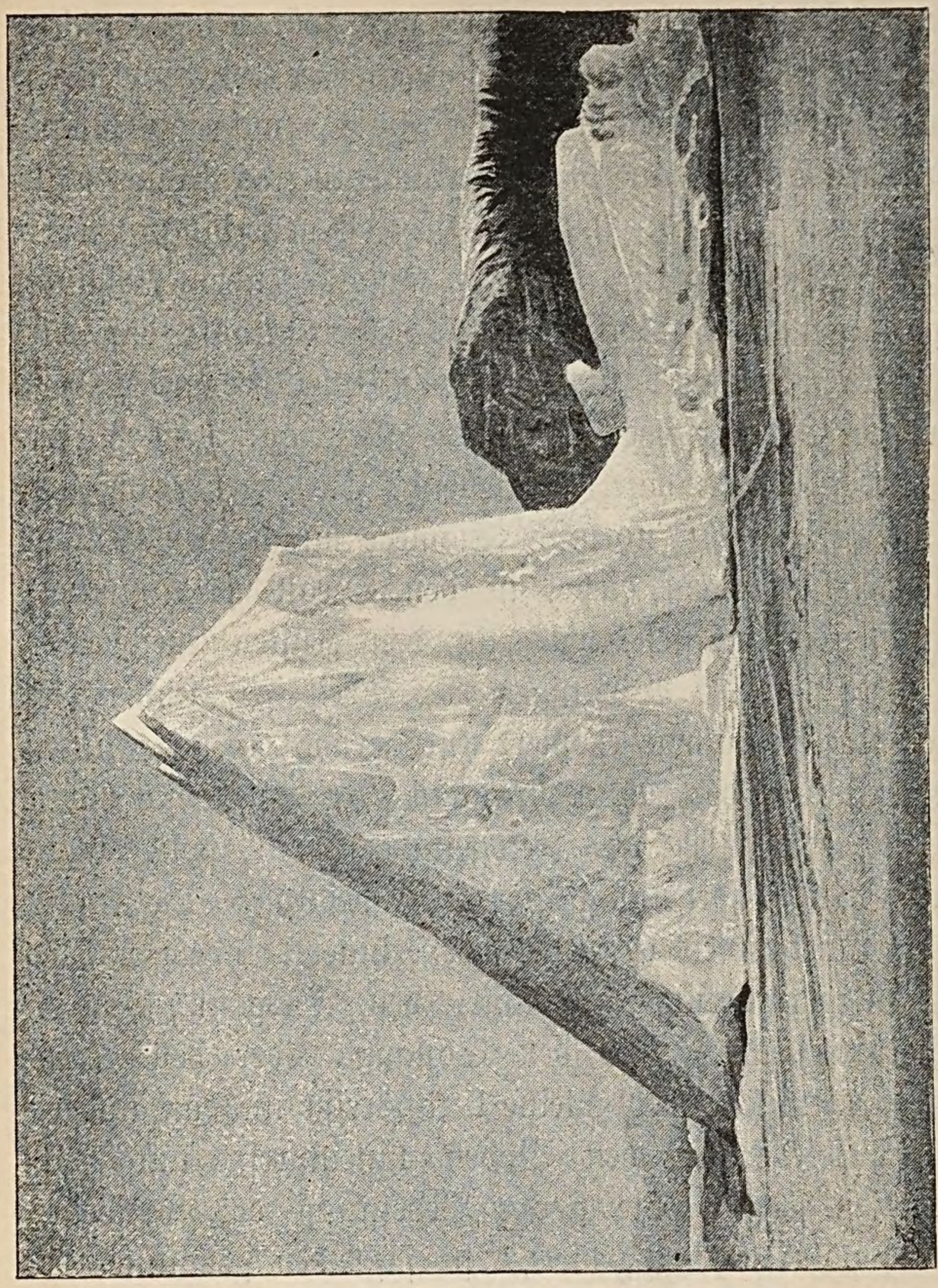


Fig. 55. 25 Meter hoher Eisberg an der Westküste Grönlands.
Nach einer Photographie von Steenstrup in den Mitteilungen über Grönland.

daß die geologische Wirkung der Eisberge zuweilen eine nicht unbeträchtliche ist. Ja, noch mehr! Man hat ähnlichen Vorgängen eine große Rolle in einer als diluviale Eiszeit bezeichneten Phase in der Entwickelungsgeschichte

unserer Erde zugeschrieben, die wir später noch näher kennen lernen wollen. Daß die auf dem Meere treibenden Eismassen, das sogenannte Treibeis, nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die Gestaltung unseres Planeten in den polaren Gegenden hat, das ist erst neuerdings wieder von Georg Hartmann in einer umfangreichen Abhandlung dargethan worden.*) Es sei hier betont, daß wir unter Treibeis nicht nur das von Gletschermassen herrührende Eis verstehen, sondern alles auf dem Meere sich bildende und daselbst treibende Eis, ferner die auf den großen, in das nordische Eismeer mündenden Flüssen gebildeten und von diesen in den Ozean weit hinausgebrachten Eismassen, das an den Küsten entstehende Eis u. s. f. Die Wirkungen des Treibeises sind zwiefacher Natur; einmal erodiert und zernagt es die Küsten, indem es von der Meeresbrandung an diese geschleudert und geworfen wird, das Felsgestade schleift, poliert und schrammt, abrundet und glättet, kurzum in vieler Beziehung an die Wirksamkeit der Gletscher erinnert, indem es wie eine Baggermaschine aufwühlt, den Felsgrund lockert, trichterartige Löcher in den Schlamm oder den Sand dreht, Felsenstücke und Steine herausreißt und an andern Stellen wieder in den Boden hineinpreßt und festrammt u. s. f. „Die große Bedeutung des Treibeises für die polaren Landgebiete," so sagt der genannte Gelehrte, „ermessen wir, wenn wir die Thätigkeit ganzer

---

*) Der Einfluß des Treibeises auf die Bodengestaltung der Polargebiete. (In: Veröffentlichungen des Vereins für Erdkunde in Leipzig, Bd. I, 1891.)

Treibeisströme innerhalb langer Zeiträume betrachten. Dann wird es begreiflich, wie früher zusammenhängende Landmassen relativ schnell und leicht in der Richtung auftretender Meeresströmungen durchbrochen werden, und wie sich allmählich durch die Zerstörungsarbeit durchdrängender Eismassen breite, seichte Straßen bilden konnten. Könnte nicht auf diese Weise der Zusammenhang zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kontinent zerstört und der Behrings-Straße ihre Entstehung gegeben worden sein? — Doch darf die Thätigkeit dieser Eisströme nicht überschätzt werden, denn die ursprüngliche Beschaffenheit des Landes wird wohl bei der Frage, ob eine Meeresstraße entstehen kann, oder nicht, die ausschlaggebende Rolle spielen, und Bodenbewegungen sind nie ganz ausgeschlossen."

Neben den Erosionswirkungen des Treibeises zeigt dasselbe aber auch noch neubildende Thätigkeit. In den Polargegenden bildet sich in der Herbstzeit, wenn die mittlere Tagestemperatur wieder auf den Gefrierpunkt herabgesunken ist, ein Eisrand, der die Küsten umsäumt, der Eisfuß, welcher sich in der warmen Jahreszeit in Treibeis auflöst. Durch den Eisfuß werden die Küsten teilweise vor der Zerstörung durch die Meereswellen geschützt, an Steilküsten wird das von den Abhängen niederrollende Gesteinsmaterial verhindert, in die See zu fallen, und bildet hinter und auf dem Eisgürtel förmliche Strandwälle. So berichtet William Gilder*) von der

*) In Eis und Schnee. Die Aufsuchung der Jeannette-Expedition und eine Schlittenfahrt durch Sibirien.

Bennett-Insel wie folgt: „Der Eisfuß, der sich vor dem Lande hinzog, war viele Meter breit und bestand aus einer verworrenen Masse wild aufgehäufter Blöcke und durchlöcherter, zerspaltener und zerklüfteter Hügel. Von der Höhe des steilen Felsenhanges vor uns rollten von Zeit zu Zeit große Steine hinab, die in eine etwa 4 Fuß tiefe durch den Abfluß des oberen Tauwassers gebildete Rinne am Fuße der Klippe hineinfielen.“ Zerfällt der Eisfuß in Treibeis, so sinkt bei dessen Abschmelzen die Steinlast zu Boden, es entstehen Inseln, Sandbänke und Untiefen. Aber nicht nur auf solche Weise, auch bei seiner Erosionsthätigkeit, bei seiner aufwühlenden und abreißenden Arbeit an den Küsten wie auf dem Meeresgrunde wird das Treibeis mit Bodenmaterial beladen. Finden sich vollends in den Polarländern thätige Vulkane, so ist es bei der ausgesprochenen Inselnatur dieser Landgebiete sehr leicht möglich, daß bei einem Ausbruch auch die umliegende Eisdecke des Meeres ihren Anteil an der Wirkung erhält. Während die Luft nur die leichten Teile der ausgeworfenen Masse mit fortzuführen vermag, trägt das Treibeis zuweilen die schwersten Felsstücke des Auswurfs, der Strömung und dem Winde folgend, mit fort. Als Beispiel für die transportierende Thätigkeit des Treibeises mag die sogenannte flämische Kappe, die bekannte, östlich von der Neufundland-Bank belegene große Untiefe hier angeführt werden. Dieselbe ist übersät mit großen Steinen, und wie Otto Krümmel bemerkt, nichts weiter als eine ungeheuere Aufschüttung solchen durch Eis transportierten Materiales von 2000 bis 3000 Meter relativer Höhe. Hier, wie auf der Neu-

fundland-Bank trifft die kalte, geröllttragende, Eisberge führende Labradorströmung mit dem wärmeren Golfstrom, oder wie man diese Strömung sonst nennen mag, zusammen; die Berge schmelzen und aus den mitgebrachten Steinen wurden allmählich jene umfangreichen Bänke aufgeschüttet.

Das Gletschereis ist, wie wir sahen, der Motor, welcher die losgelösten und von ihm transportierten Gesteinsmassen gegenseitig abschleift und vermittelst welcher derselbe erodierend auf seinen Untergrund einwirkt. Das Maß dieser Erosionswirkung hängt von mancherlei Umständen ab, von der Härte der Gesteine, welche den Thalgrund zusammensetzen, von der Dicke des Eisstromes und von noch anderen Dingen mehr. Man hat zuweilen beobachten können, daß ein im Vorrücken befindlicher Gletscher den Untergrund, worüber er dahinfloß, völlig intakt gelassen hat, so z. B. der Glacier du Tour im Chamonixthale, der im Jahre 1818 über eine von Weiden bewachsene Fläche vorrückte, dieselbe aber unzerstört ließ, denn als sich der genannte Eisstrom vier Jahre später wieder zurückzog, und die Fläche wieder frei wurde, trieben die Weiden und die Wurzelstöcke verschiedener darauf wachsender Pflanzen, als Trifolium alpinum, Cerastium latifolium ꝛc. wieder Blätter und Blüten, sie waren also unter dem Eise lebensfähig geblieben. Treten dem Gletscher aber Thalverengungen in den Weg, oder hat derselbe Hindernisse auf seinem Untergrunde zu überwinden, und besteht dieser letztere aus losem Gestein, so schürft er denselben auf und wirkt dann oftmals wie eine gewaltige Pflugschar, indem er allen Boden bis auf den Felsgrund aus-

wühlt, seine Endmoräne vor sich herwälzt u. s. f. Der berühmte Gletscherforscher Johann von Charpentier sah im Jahre 1818 den Trientgletscher im Wallis einen Wald angreifen und sich zwischen den Waldgrund und den Felsboden einkeilen, ersteren mit den Bäumen vor sich her wälzend. Ähnliches hat man vielfach an anderen Eisströmen der Alpen und Skandinaviens (Buerbrä) beobachten können, und solche von Gletschern hervorgebrachte Stauchungserscheinungen sind in ehemals vergletschert gewesenen Gebieten nicht selten heute noch vorhanden.

Eine mäßige Erosionskraft ist dem Gletschereise nicht abzustreiten. Aber gewisse Forscher gehen weiter, indem sie glauben, diesem Agens in einer früheren Periode in der Entwickelung unseres Planeten, in der Diluvial- oder Eiszeit eine gewaltige erodierende Thätigkeit zuschreiben zu müssen, eine Kraft, die es befähigt haben soll, seinen, selbst aus den festesten Gesteinen bestehenden Untergrund auszuschaufeln und große Felsen davon loszubrechen, ja sogar umfangreiche Seenbecken darin auszuhobeln. Zur Zeit herrscht bei den Geologen über diese Frage gerade eine äußerst lebhafte Kontroverse, die bis zum heutigen Tage ihrer Erledigung noch harrt, obwohl mancher hervorragende Gelehrte sich berufen gefühlt hat, für das Für oder für das Wider dieser Ansicht eine Lanze zu brechen. Auch wir werden uns im zweiten Bande noch mit diesem Thema zu beschäftigen haben.

* * *

In der vulkanischen Kraft und in der geologischen Thätigkeit des Wassers in flüssiger und in fester Gestalt hast du, mein lieber Leser, die beiden hervorragendsten Arbeiter am Aufbau und an der Zerstörung der Oberfläche unseres Planeten kennen gelernt. Dabei sind freilich noch eine Reihe weiterer Faktoren thätig, so die Luftströmungen und das organische Leben, wenn auch im Vergleiche zu den beiden vorgenannten nur in geringerem Maße. Auch alle Äußerungen des Vulkanismus im weiteren Sinne, z. B. der Vorgang der Gebirgsbildung und eine der schrecklichsten Erscheinungen auf der Erde, die Erdbeben, sind dir noch nicht bekannt. Alle diese Dinge sollen dir aber noch vorgetragen werden; zu deren besserem Verständnis ist es jedoch nötig, dieselben erst im folgenden Abschnitt, der von der Entwickelungsgeschichte unseres Planeten handelt, zu bringen. Im Rahmen dieser Bilder wirst du die Bedeutung der genannten Vorgänge erst recht und voll zu würdigen wissen. Und damit, mein lieber Leser, wollen wir den ersten Band beschließen.

Druck von C. G. Röder in Leipzig.
Papier von Friedr. Wilh. Abel in Magdeburg.

STAATL.
BIBL.
BAMBG.

Verlag von Friedrich Pfeilstücker in Berlin W.

Soeben erschienen der siebente und achte Band der

Bibliothek des Humors

Band 7: Deutsche Geschichte bis 1861.
Band 8: Neue deutsche Geschichte.

Unter dem Titel

Bibliothek des Humors

giebt die Verlagshandlung eine Sammlung heraus, die in einer Reihe von geschmackvoll ausgestatteten Bänden die besten Blüten des Humors bieten soll. Während andere Werke ähnlicher Art mehr oder minder als wahllose Anekdotenjäger sich darstellen, will die „Bibliothek des Humors" die bedeutendsten und interessantesten Gebiete in ihren Bereich ziehen und nach Form und Inhalt einer planmäßigen Anordnung und sorgfältigen Wahl folgen. Den Hauptteil nimmt in breitem Rahmen die Gegenwart ein.

Die ganze Reihe wird zwölf Bände umfassen, die in feinem, jeder besseren Bücherei würdigen Einbande zum Preise von 2 Mk. auch einzeln käuflich sind.

Inhalt:

1. Band: **Medizinischer Humor.**
2. Band: **Brandenburgisch-preußische Geschichte.**
3. Band: **Geistlicher Humor.**
4. Band: **Lehrer und Schüler.**
5. Band: **Juristen.**
6. Band: **Liebe und Ehe.**
7. Band: **Deutsche Geschichte bis 1861.**
8. Band: **Neue deutsche Geschichte.**
9. Band: **Theater.**
10. Band: **Schriftsteller, Künstler und Dichter.**
11. Band: **Musik.**
12. Band: **Militärisches.**

Band 1–8 sind bis Dezember 1892 erschienen.

Verlag von **Friedrich Pfeilstücker** in **Berlin, W.**

Zu beziehen durch jede Buchhandlung, sowie auch durch die Verlagshandlung:

1888 bis 1891

Soziale Briefe aus Berlin

Mit besonderer Berücksichtigung der sozialdemokratischen Strömungen

von

Otto von Leixner

XVI, 392 Seiten. — Preis M. 4.—, gebunden M. 4.75.

Dieses bereits im **dritten Tausend** vorliegende neueste Werk des beliebten Ästhetikers und Publizisten hat in der Presse den wohlverdienten Beifall gefunden. Aus der großen Menge günstiger Urteile seien hier einige wenige angeführt:

Illustrierte Zeitung . . . Es sind mannhafte Gedanken und Überzeugungen, aus der Tiefe geschöpfte Urteile, von hohem sittlichem Ernst bestimmte Gesichtspunkte, welche L.'s ebenso markigen als eleganten Schilderungen zu Grunde liegen, die immer auf das oft verborgene Innere der Zustände zurückgehen.

Tägliche Rundschau . . . Man wird erquickt durch den naturwahren Humor, mit dem L. einen sonntäglichen Ausflug nach der Hasenhaide schildert; man empfindet: so denkt, so spricht, so lebt das Volk, das ist nicht in der Studierstube zusammengetiftelt, sondern anschaulich und frisch aus dem Leben aufs Papier geworfen . . . Aus jeder Zeile leuchtet ein hoher, sittlicher Ernst, eine umfassende Menschenliebe, die sich auch da noch verrät, wo der Autor satirisch wird. Und das Buch ist voll von feiner Satire, in der Leixner ja Meister ist . . .

Allgemeine Zeitung . . . Ein gediegenes, anziehendes Buch von einem Manne, der seit einer Reihe von Jahren mit scharfem Auge und warmem Herzen der Entwicklung der Reichshauptstadt folgt . . .

Die Gegenwart . . . voll guter Beobachtung und gesunden Menschenverstandes . . .

Blätter für litterarische Unterhaltung . . . ungewöhnlich gediegene und dabei mannichfaltige Studien auf dem Gebiete der bürgerlichen Gesellschaft Berlins . . . Wir wünschen dem edlen Buche Otto von Leixners freieste Bahn und offenste Aufnahme . . .

Deutsches Wochenblatt . . . Das eingehendste Studienbuch, das uns bisher über Berlin geboten worden . . . Es ist ein höchst lehrreiches, ja es ist ein soziales Erbauungsbuch, das Leixner der Nation vorgelegt hat, um sie zur Selbsterkenntnis und zur Läuterung ihres inneren Wesens zu veranlassen . .

Sphinx: Leixners Soziale Briefe sind eine lebenswahre, frisch geschriebene Schilderung der Zustände Berlins und der Berliner. Für uns sind sie um so lesenswerter, weil sie von einem Manne herrühren, der einen lebendigen Gottesglauben besitzt und ihn in seinem Buche kräftig und unverhohlen zum Ausdruck kommen läßt . . . L. sucht die Mittel zur Abwehr der sozialen Gefahr nicht in den sog. geistigen Waffen, weil er sich sehr richtig sagt, daß Überredung und die besten Gründe versagen müssen, wo in den Köpfen jegliche Fähigkeit, zu überlegen, geschwunden ist und nur die blinden Leidenschaften walten, sondern findet sie in einem starken Staate, der schlimmsten Falls der Gewalt die Gewalt entgegensetzen kann, in einer weitgehendsten sozialen Reform, ohne jedoch den Besitz enteignen zu wollen, vor allen Dingen aber in einer sittlich-religiösen Erneuerung der höheren Schichten, herausgeboren aus dem warmen Gemüt, aus der Erkenntnis des tiefsten Wesens christlichen Geistes.

Verlag von **Friedrich Pfeilstücker** in Berlin, W.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen, sowie auch direkt durch die Verlagshandlung.

Die soziale Frage und ihre Lösung

von

Ernst Busch

Inhalt: Der Irrtum der Sozial-Demokratie. — Nicht Kapital und Arbeit, sondern Handel und Arbeit stehen sich gegenüber. — Die Ursache der Standesunterschiede. — Die Bedeutung des Handelsprofits für den Produzenten. — Überfordern und Qualitätsverschlechtern. — Preistreiberei. — Der Überfluß an Produzenten. — Die Konkurrenz auf dem Weltmarkt und der Exporthandel. — Der Wert von Grund und Boden und die Notlage der deutschen Landwirtschaft. — Kapitalzins und Bodenwert. — Die Lösung. — Verfehlte Vorschläge zur Lösung der sozialen Frage.

230 Seiten. Oktav-Format. Preis 2 Mark.

Vollständig frei von jeder politischen oder religiösen Polemik bringt dieses Buch ausschließlich eine kritische Studie über die Frage: „Wo bleibt die Mehrarbeit der Maschine? Aus welchen Ursachen macht sich das eine Tagewerk so überaus reichlich und das andere so überaus kärglich bezahlt? Wie kommt es, daß trotz aller Fortschritte der Technik, trotz Überwindung von Zeit und Raum bei anhaltendem Fallen des Zinsfußes der Kampf ums Dasein immer schwieriger wird?“

Die Freuden des Lebens.

Von **Sir John Lubbock.**

Dritte, um den zweiten Teil der englischen Ausgabe vermehrte Auflage.

In England sind von diesem Buche über 100 000 Exempl. verkauft worden.

Über den Inhalt des Werkchens unterrichten am besten die nachfolgenden Kapitel-Überschriften: Die Pflicht glücklich zu sein. — Das Glück der Pflicht. — Ein Bücher-Hymnus. — Die Wahl der Bücher. — Der Segen der Freundschaft. — Der Wert der Zeit. — Reisefreuden. — Die Freuden des Heims. — Wissenschaft. — Erziehung. — Ehrgeiz. — Reichtum. — Gesundheit. — Liebe. — Kunst. — Poesie. — Musik. — Naturschönheiten. — Die Mühen des Lebens. — Arbeit und Ruhe. — Religion. — Die Hoffnung auf Fortschritt. — Die Bestimmung des Menschen.

Preis geh. 3 M.
Hübsch geb., zu Geschenken geeignet, 4 M.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Haas, Hippolyt,

Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde Skizzen aus der Entwicklungsgeschichte unseres Planeten

Bd.: 1

1892

Bamberg, Staatsbibliothek -- 46.544(1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11828705-5